

国家重点图书

乔登江 朱焕金 编著

人类的灾难

——核武器与核爆炸



清华大学出版社
暨南大学出版社

《院士科普书系》编委会(第二届)

编委会名誉主任 周光召 宋 健 朱光亚

编委会主任 路甬祥

编委会委员 (两院各学部主任、副主任)

| | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| 陈佳洱 | 杨 乐 | 闵乃本 | 陈建生 | 周 恒 |
| 王佛松 | 白春礼 | 刘元方 | 朱道本 | 何鸣元 |
| 梁栋材 | 卢永根 | 陈可冀 | 匡廷云 | 朱作言 |
| 孙 枢 | 安芷生 | 李廷栋 | 汪品先 | 陈 毅 |
| 王大中 | 戴汝为 | 周炳琨 | 刘广均 | 杨叔子 |
| 钟万鋈 | 关 桥 | 吴有生 | 刘大响 | 顾国彪 |
| 陆建勋 | 龚惠兴 | 吴 澄 | 李大东 | 汪旭光 |
| 陆钟武 | 王思敬 | 朱建士 | 郑健超 | 胡见义 |
| 陈厚群 | 陈肇元 | 崔俊芝 | 张锦秋 | 刘鸿亮 |
| 方智远 | 旭日干 | 周国泰 | 王正国 | 赵 铠 |
| 钟南山 | 桑国卫 | | | |

编委会执行委员 郭传杰 常 平 钱文藻 罗荣兴

编委会办公室主任 罗荣兴(科学时报社)

副主任 周先路(中国科学院学部联合办公室)

白玉良(中国工程院学部工作部)

蔡鸿程(清华大学出版社)

周继武(暨南大学出版社)

总 策 划 罗荣兴 周继武 蔡鸿程

总 责 任 编 辑 周继武 蔡鸿程 宋成斌

提高全民族的科学素质

——序《院士科普书系》

人类走到了又一个千年之交。

人类的文明进程至少已有 6000 余年。地球上各个民族共同创造了人类文明的灿烂之花。中华文明同古埃及文明、古巴比伦文明、古印度文明、古希腊文明等一起，是人类文明的发源地。

15 世纪之前，以中华文明为代表的东方文明曾遥遥领先于当时的西方文明。从汉代到明代初期，中国的科学技术在世界上一直领先长达 14 个世纪以上。在那个时期，影响世界文明进程的重要发明中，相当部分是中华民族的贡献。

后来，中国逐渐落后了。中国为什么落后？近代从林则徐以来许多志士仁人就不断提出和思索这个历史课题。但都没有找到正确的答案。以毛泽东同志、邓小平同志为代表的中国共产党人作出了唯一正确的回答：中国落后，是由于生产力的落后和社会政治的腐朽。西方列强对中国的欺凌，更加剧了中国经济的落后和国家的衰败。而落后就要挨打。所以要进行革命，通过革命从根本上改变旧的生产关系和政

治上层建筑,为解放和发展生产力开辟道路。于是,就有了80多年前孙中山先生领导的辛亥革命,就有了50年前我们党领导的新民主主义革命的胜利,以及随后进行的社会主义革命的成功。无论是革命还是我们正在进行的社会主义改革,都是为了解放和发展生产力。

邓小平同志提出的“科学技术是第一生产力”的著名论断,使我们对科学技术在经济和社会发展中的地位与作用的认识,有了新的飞跃。我们应该运用这一真理性的认识,深刻总结以往科学技术发展的历史经验,把我国科技事业更好地推向前进。中国古代科技有过辉煌的成果,但也有不足,主要是没有形成实验科学传统和完整的学科体系,科学技术没有取得应有的社会地位,更缺乏通过科技促进社会生产力发展的动力和机制。为什么近代科学技术首先在文艺复兴后的欧洲出现,而未能在中国出现,这可能是原因之一吧。而且,我国历史上虽然有着伟大而丰富的文明成果和优良的文化传统,但相对说来,全社会的科学精神不足也是一个缺陷。鉴往开来,继承以往的优秀文化,弥补历史的不足,是当代中国人的社会责任。

在新的世纪中,中华民族将实现伟大的复兴。在一个占世界人口五分之一的发育中大国里,再用50年的时间基本实现现代化,这又是一项惊天动地的伟业。为实现这个光辉

的目标,我们应该充分发挥社会主义制度的优越性,坚持不懈地实施科教兴国战略。

科教兴国,全社会都要参与,科学家和教育家更应奋勇当先,在全社会带头弘扬科学精神,传播科学思想,倡导科学方法,普及科学知识。科教兴国也要抓好基本建设。编辑出版高质量的科普图书,就是一项基本建设,对于提高全民族的科学素质,是很有意义的。在《院士科普书系》出版之际,写了上面这些话,是为序。

江泽民

1999年12月23日



人民交给的课题

——写在《院士科普书系》出版之际

世界正在发生深刻的变化。这一变化是 20 世纪以来科学技术革命不断深入的必然结果。从马克思主义的观点看来,生产力的发展是人类社会发展与文明进步的根本动力;而“科学技术是第一生产力”,因此,科学技术是推动社会发展与文明进步的革命性力量。从生产力发展的阶段看,人类走过了农业经济时代、工业经济时代,正在进入知识经济时代。

知识经济时代,知识取代土地或资本成为生产力构成的第一要素。知识不同于土地或资本,不仅仅是一种物质的形态,知识同时还是一种精神的形态。知识,首先是科学技术知识,将不仅渗透到生产过程、流通过程等经济领域,同时还渗透到政治、法律、外交、军事、教育、文化和社会生活等一切领域。可以说,在新的历史时期,一个国家、一个民族能否掌握当代最先进的科技知识以及这些科技知识在国民中普及的程度将决定其国力的强弱与社会文明程度的高低。科技创新与科普工作是关系到一个国家、一个民族兴衰的

大事。

对于我们科技工作者来说,我们的工作应当包含两个方面:发展科技与普及科技;或者说应当贯穿于知识的生产、传播及应用的全过程。我们所说的科普工作,不仅是普及科学知识,更应包括普及科学精神和科学方法。

我们的党和政府历来都十分重视科普工作。党的十五大更是把树立科学精神、掌握科学方法、普及科技知识作为实施科教兴国战略和社会主义文化建设的一项重要任务提到了全党、全国人民和全体科学工作者的面前。

正是在这样的背景下,1998年春由科学时报社(当时叫“中国科学报社”)提出创意,暨南大学出版社和清华大学出版社积极筹划,会同中国科学院学部联合办公室和中国工程院学部工作部,共同发起《院士科普书系》这一重大科普工程。

1998年6月,中国科学院与中国工程院“两院”院士大会改选各学部领导班子,《院士科普书系》编委会正式成立,各学部主任均为编委会委员。编委会办公室在广泛征求意见的基础上拟出150个“提议书目”,在“两院”院士大会上向1000多名院士发出题为《请科学家为21世纪写科普书》的“约稿信”,得到了院士们的热烈响应。在此后的半年多时间里,有176名院士同编委会办公室和出版社签订了175本书的写作出版协议,开始了《院士科普书系》艰辛的创作过程。

《院士科普书系》的定位是结合当代学科前沿和我国经济建设与社会发展的热点问题,普及科技知识、科学方法。科学性、知识性、实用性和趣味性是编写的总要求。

编写科普书对我国大多数院士来说是一个新课题。他们惯于撰写学术论文。如何把专业的知识和方法写成生动、有趣、有文采的科普读物,于科技知识中融入人文教育,不是一件容易的事。不少院士反映:写科普书比写学术专著还难。但院士们还是以感人的精神完成自己的书稿。在此过程中,科学时报社和中国科学院学部联合办公室、中国工程院学部工作部以及清华大学出版社、暨南大学出版社也付出了辛勤的劳动。

《院士科普书系》首辑终于出版了。这是人民交给科学家课题,科学家向人民交出答卷。江泽民总书记专门为《院士科普书系》撰写了序言,指出科普是科教兴国的基础工程,勉励科学家、教育家“在全社会带头弘扬科学精神,传播科学思想,倡导科学方法,普及科学知识”,充分表达了党的第三代领导集体对科普的重视,对提高全民族科技素质的殷殷期望。

《院士科普书系》将采取滚动出版的模式。一方面随着院士们的创作进程,成熟一批出版一批;另一方面随着科学技术的进步和创新,不断有新的题材由新的院士作者撰写。因此,《院士科普书系》将是一个长期的、系统的科普工程。

这一庞大的工程,不但需要院士们积极投入,还需要各界人士和广大读者的支持——对我们的选题和内容提出修订、完善的建议,帮助我们不断提高《院士科普书系》的水平与质量,使之成为国民科技素质教育的系统而经典的读本。在科学家群体撰写科普书方面,我们也要以此为起点为开端,参与国际竞争与合作,勇攀世界科普创作的高峰。

中国科学院院长
《院士科普书系》编委会主任

路甬祥

2000年1月8日



前 言

中国工程院为了更好地实施“科教兴国”战略,迎接 21 世纪经济的挑战,特组织院士们参加撰写科普书系。

我们根据所从事的科技活动多年的工作经验,撰写了这本科普读物。它包括核武器原理和研制过程、核爆炸及其破坏因素,着重介绍了第二次世界大战结束前夕,美国对日本的广岛、长崎进行核轰炸所造成的城市破坏和人员杀伤的后果,以及对核武器的防护知识。全面禁止核试验条约已经得到了世界大多数国家的签署。何谓核禁试?它的发展过程怎样?如何才能保证核禁试能真正实现?这些都直接关系到人类的和平,我们在这本小册子中也作了介绍。不论从哪个角度来看,核武器带给人类的都是灾难,人们的愿望是最终消灭核武器。正像中国政府在我国首次成功进行核试验后发表的声明中所说的那样,“中国政府一贯主张全面禁止和彻底销毁核武器”。这本小册子中也表达了人类的这个美好愿望。

虽然我们有消灭核武器的愿望,但不能排除战争狂人利用核武器来讹诈爱好和平的中国人民。因此增加对核武器、核爆炸及其防护知识的了解,也是有益无害的。

这本科普读物的内容都是取材于国内公开发表的权威著作,例如《中国军事大百科全书》、《当代中国的国防科技事业》和翻译出版的《核武器效应》(美国)、《美国核武器揭秘》、

《苏联核试验》以及有关广岛、长崎战后调查的出版物等。

编写本书的助手朱焕金同志,研究员,1963年毕业于北京大学地球物理系,参军后一直从事核武器效应的研究工作,现仍从事禁核试技术方面的研究。

乔登江

1999年3月



目 录

1 什么是核武器

- 1.1 原子弹 氢弹原理和研制过程 1
- 1.2 核武器发展简史 12
- 1.3 核武器如何分类 17

2 比炸药猛烈千万倍的核爆炸

- 2.1 核爆炸的发展过程及其杀伤破坏因素 23
- 2.2 核爆炸方式和景象 26
- 2.3 核试验 29
- 2.4 核爆炸对人员的杀伤和对物体的破坏 35
- 2.5 持久杀伤因素——放射性沾染 49

3 第二次世界大战期间美国对日本广岛和长崎的核袭击

- 3.1 希特勒德国为什么没有制造出原子弹 65
- 3.2 美国向日本投掷原子弹的背景和准备 69
- 3.3 人类第一次遭受原子弹袭击 73
- 3.4 广岛、长崎遭核袭击后建筑物的破坏 81
- 3.5 广岛、长崎遭核袭击后人员的伤情和后果 93

4 核武器的防护

- 4.1 如何防止光辐射的杀伤破坏 109
- 4.2 防止冲击波的破坏有哪些手段 113
- 4.3 对付早期核辐射和核电磁脉冲(NEMP)
的方法 117
- 4.4 如何减弱放射性沾染的危害 123

5 人类的愿望——消灭核武器

- 5.1 美国和前苏联两国核武器发展概况 129
- 5.2 美国和前苏联两个核大国有多少核武器 135
- 5.3 何谓核禁试 138
- 5.4 人类能发明核武器也能消灭核武器 152



1

什么是核武器

1.1 原子弹、氢弹原理和研制过程

裂变反应、核燃料

有史以来，人们就制造了冷兵器来保卫自己。所谓冷兵器就是靠人力将兵刃直接击中对象来造成伤亡的一类兵器，武侠小说中常说的十八般兵器就属于这一类，黄三太的飞镖和百步穿杨的飞箭也只能在百步左右击中人员而达到杀伤的目的，因此也属于冷兵器。

大约公元 10 世纪，中国首先将火药运

20世纪40年代的物理学家、化学家们发现了铀-235和钚-239等重原子核可以裂变,裂变反应时放出巨大能量。

用于军事,制造出火药兵器,即火器。随着18世纪起自英国的产业革命,冶金、化学、机械制造、电子等工业和科学技术的发展,大大推动了军事技术的进步,形成了海、陆、空多军种的系列兵器。特别是两次世界大战的需求,将兵器推上了高、精、尖的技术高峰,现在统称这些兵器为常规武器,这样称谓的目的是和核武器相区别。

常规兵器的基础是炸药,当然,炸药只有在外界激发的条件下才能产生化学爆炸。这里重要的思想有两点:一是需要外界激发,否则的话,一碰就炸的炸药是无法使用的;第二层意思是它靠化学反应瞬时放出的能量而爆炸,也就是说仅靠组成炸药的碳、氢、氧之间的组合状态发生变化而瞬时放出能量。

化学炸药种类繁多,最有代表性的炸药是TNT,也称它为黄色炸药,它通过化合物的分解反应而瞬时放出能量。平均1kg TNT炸药放出的能量为4.19MJ。

化学反应可以瞬时放出能量造成爆炸,那么原子核反应是否也可以瞬时放出能量造成核爆炸呢?核武器的研制成功正面回答了这个问题。

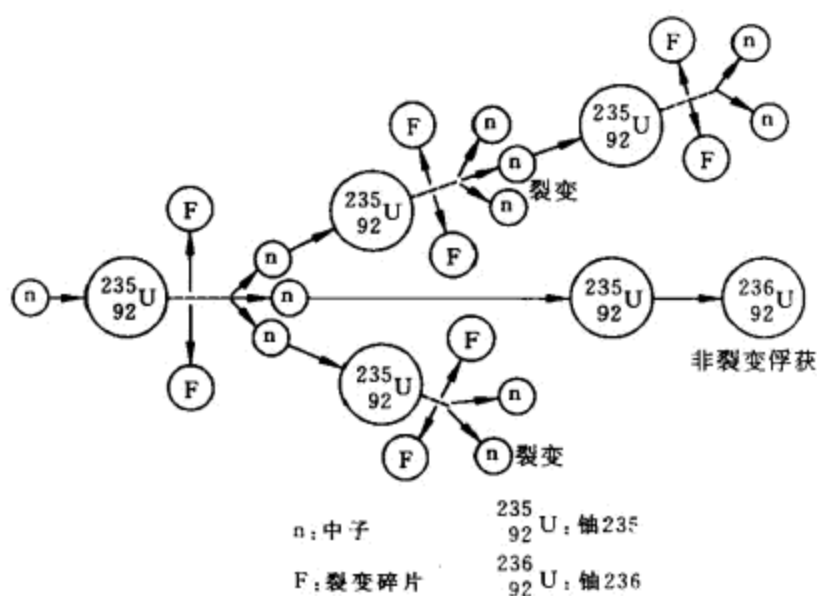
哪些原子核在哪些核反应过程中可以达到瞬时放出巨大能量的目的呢?需要创造什么样的条件才能促使放出能量的核反应过程得以实现?

20世纪40年代的物理学家、化学家们创造了这个奇迹,发现了铀-235和钚-239等重原子核可以裂变,裂变反应时放出巨大能量,同时也提出了裂变反应能够自持进行的条件。

什么是裂变反应?铀-235或钚-239重核中,例如铀

裂变反应过程。

$^{235}_{92}\text{U}$ 有 143 个中子和 92 个质子，很不稳定，当外界有一个中子轰击时，它会分裂成两个中等质量的核，同时放出 2~3 个中子和能量。这些中子又轰击另一个重核触发下一次核反应，反复不断进行的核反应叫链式反应，这个裂变过程可以用图 1.1 来说明。



$^{235}_{92}\text{U}$ 中 U 为原子核，上标为原子核中核子数，下标为质子数，二者之差为中子数。

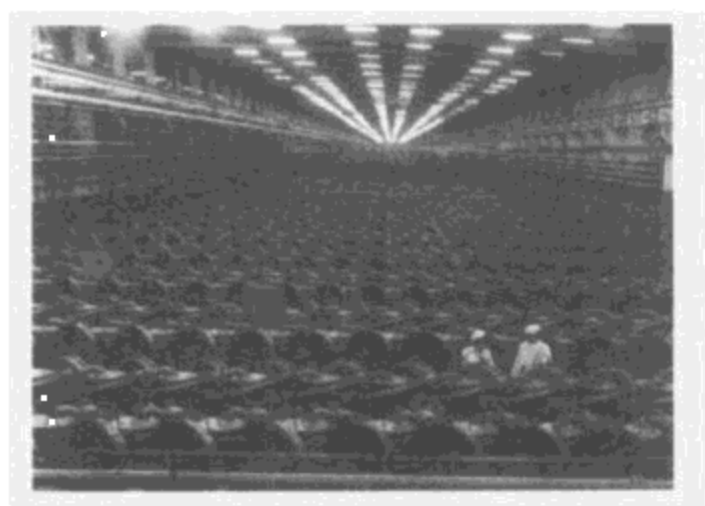
图 1.1 裂变过程

但是，问题是这种链式反应能自持下去吗？答案是能，但要有条件。这个条件就是所需的重核材料要足够多，多到使链式反应能自持下去的最小质量才行。链式反应所需的最小质量称为临界质量。不同重核材料的临界质量不完全相同，例如球状铀-235 材料的临界质量为 50kg，钚-239

铀是最基本的核裂变燃料。

则为 10kg。

铀是最基本的核裂变燃料。天然铀中的主要成分是铀-238,占 99.3%,制造原子弹的核燃料是易裂变的材料——铀-235,它在天然铀中仅占 0.7%。因此,从天然铀中提取足够的易裂变材料“铀-235”是一项巨大的工程。参看图 1.2。

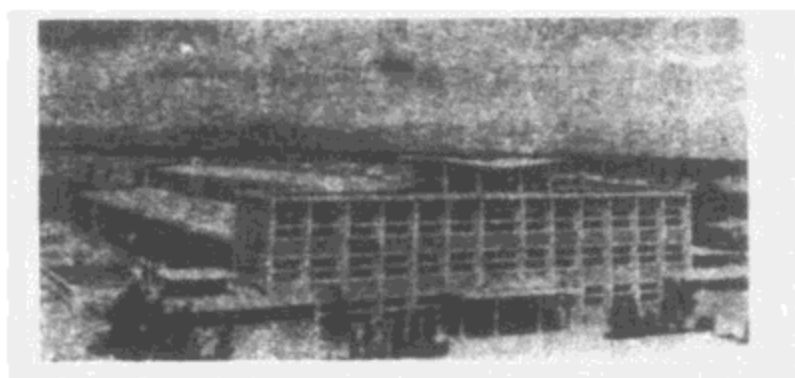


天然铀中,铀-235 仅占 0.7%,核电站用的核燃料要求铀-235 占 3%左右,核武器用的核材料则需占 90%以上,因此需要用气体扩散法对铀-235 加以浓集。本图是我国铀同位素的扩散机群,让同位素分子扩散通过多孔膜将不同质量的同位素分离开,从而生产出浓缩铀-235 核材料。

图 1.2 中国铀同位素分离扩散机群

钚-239 在自然界中极为稀少,主要靠在原子反应堆中生产。方法是让铀-238 经过中子轰击后转换成钚-239,然后从经过中子长时间照射后的铀-238 材料中再提取钚材料,这同样是一项不小的工程。

处理核材料时要严格注意防护,以免放射性泄漏,污染环境,对人员造成伤害。



在核反应堆燃烧后的核材料元件中,有经中子照射产生的钷-239和未燃尽的核燃料,需对这些燃料加以处理和从中提取金属钷。但处置这些强放射性材料要有特殊的场地,以保证安全。

图 1.3 中国核燃料元件厂的密封包装车间

以上讲的核材料都是寿命极长的放出 α 粒子的放射性物质,它们寿命用放射性衰减一半的时间——半衰期来表示。铀-235、铀-238 和钷-239 的半衰期分别为7000年、4.5亿年和24000年。因此,在处理这些核材料时要严格注意防护,以免放射性泄漏,污染环境,对人员造成伤害。

原子弹原理

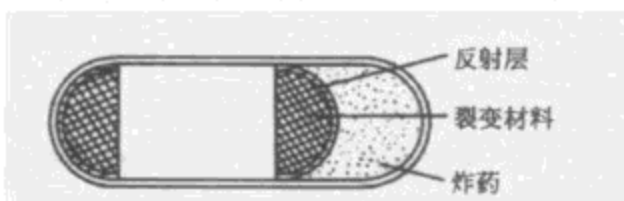
前面已经讲到,当核燃料质量大到临界质量就会使链式裂变反应自持进行下去,但是选择临界质量很有讲究,因为它与装料的形状、密度及周围环境有关,如果在装料外表包上一层具有良好的反射中子性能的材料,那么泄漏出装料的中子便可以显著地减少,可以减少临界质量;另一个可以使临界质量大幅度减少的方法是提高装料的密度,例如密度提

有两种方法可以使核装料迅速达到临界状态，一种叫枪法，另一种叫内爆法。

高一倍，临界质量减少到原来的 $1/4$ 。

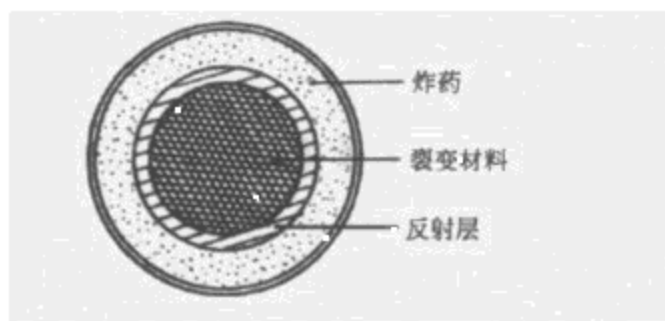
用什么办法来使原来不处于临界质量(又称次临界状态)的核装料迅速压缩到高密度，使之处于超过临界质量的状态(又称超临界)呢？这就是原子弹设计原理所要解决的基本问题。

历史上，曾有两种方法使核装料迅速达到超临界状态，一种叫枪法，另一种叫内爆法。参看图 1.4 和 1.5。



弹体内炸药起爆后，推动一块半球形裂变材料和另一块处于静止状态的裂变材料合拢成球形，达到超临界状态。美国在日本广岛上空爆炸的原子弹采用了该原理制成。

图 1.4 枪法原子弹原理示意图



利用炸药爆炸产生向球心会聚的爆轰波，挤压次临界裂变材料，快速增大材料密度，达到超临界状态。美国在日本长崎上空爆炸的原子弹采用了该原理制成。

图 1.5 内爆法原子弹原理示意图

与核装料同等尺寸的化学炸药放能时间相比要快上百倍，但放出的能量就大得难以相比了。

枪法，又称压拢型。从图 1.4 看出，利用化学炸药爆炸产生的强大压力将 2~3 块次临界状态的核装料迅速推动而合拢成球状并使其达到超临界状态。

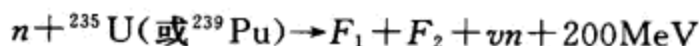
内爆法，又称压紧型。从图 1.5 看出，在核装料外包一层反射层，再外是一层炸药，炸药层外是密度很大的金属外壳，通常选用铀-238，因为它既可以反射中子，又可以延缓爆炸向外的膨胀过程以延长核反应时间。化学炸药引爆后便产生向球心汇聚的爆轰波，压缩处于次临界状态核装料，使其密度迅速增大，以达到超临界状态。

显然，当核装料处于超临界状态，如果有一个中子源适时提供中子，那么这些中子就可以起着点火作用，使裂变反应自持进行并放出巨大能量。但是自持裂变反应不会持续很久，因为裂变反应放出的能量使核装料迅速膨胀，密度也随之急剧下降，核装料又回到了次临界状态，裂变反应趋向停止，最后熄灭。这是重原子核裂变反应瞬时放出巨大能量的核爆炸过程。所谓“瞬时”的概念，从时间间隔来说，可以分成两个阶段：从化学炸药爆炸、压缩材料到中子点火前的这个阶段时间比较长，约几十微秒；从中子点火到裂变反应熄灭的放能阶段的时间比较短，约十分之几微秒。与核装料同等尺寸的化学炸药放能时间相比要快上百倍，但放出的能量就大得难以相比了。

究竟裂变反应的核爆炸放出多大的能量呢？这是可以通过计算来回答的问题。

图 1.1 所表示的一次裂变反应过程，写成反应方程为（为了书写方便起见，铀-235、钚-239 写成 ^{235}U 、 ^{239}Pu 等）：

核爆炸放出的能量叫核爆炸威力,习惯上用放出相同能量的 TNT 炸药质量(又称 TNT 当量)来度量。



F_1 、 F_2 为二片中等质量的核碎片, ν 是放出的中子数, 平均为 2~3 个, 200MeV 为放出的能量。MeV(兆电子伏)为能量单位, 相当于一个电子在 1MV 下所带的能量。1MeV 相当于多少焦(J)呢?

$$1\text{MeV} = 1.6 \times 10^{-13}\text{J}$$

1kg ${}^{235}\text{U}$ 或 ${}^{239}\text{Pu}$ 有 2.5×10^{24} 个原子核, 因此裂变反应核爆炸过程中烧掉 1kg 核材料放出的能量 W 为:

$$\begin{aligned} W &= 2.5 \times 10^{24} \times 200\text{MeV} \\ &= 2.5 \times 10^{24} \times 200 \times 1.6 \times 10^{-13} \\ &= 8 \times 10^{13}\text{J} \end{aligned}$$

2 万吨 TNT 瞬时放出的能量 W 为:

$$\begin{aligned} W &= 2 \times 10^4 \times 10^3 \times 4.19 \times 10^6 \\ &= 8.38 \times 10^{13}\text{J} \end{aligned}$$

可见二者相当。

核爆炸放出的能量叫核爆炸威力,习惯上用放出相同能量的 TNT 炸药质量(又称 TNT 当量)来度量。例如烧掉 1kg ${}^{235}\text{U}$ 的核爆炸,威力为 2×10^4 t 的 TNT 当量。TNT 当量一方面用来表述核爆炸的威力,另一方面也将核爆炸与常规化学炸药爆炸相区别。

裂变反应的核爆炸在反应区这个狭小范围内,在十分之几微秒的时间内放出那么巨大的能量,使得反应区内温度上升到数百万度,压力大到上千万个大气压,物质处于完全被离化的等离子体状态。这个高温、高压的等离子体必然要向外发出强烈的热辐射,同时冲破一切限制它的壳体向外迅猛

当 D、T 核从温度升高获得足够的动能后,密度足够高时,相互之间碰撞就能发生聚变反应。

膨胀,此时发出的热辐射主要为 X 射线,向外膨胀的等离子体压缩其周围空气形成强大的空气冲击波,继续向外传播。这个爆炸过程要比化学炸药爆炸猛烈得多,对人的杀伤和对物体的摧毁范围也要大得多。

氢弹原理

上面已经介绍过利用重原子核链式裂变反应产生核爆炸的原理,那么一般质量的原子核可不可以利用呢?大量实验表明多数原子核都很稳定,极难用中子或其它粒子敲开它,但是原子核中仅有 1 个质子和 1 个中子的氢以及 2 个中子的氘甚至多到 3 个中子的氚等轻核能否被利用呢?物理学家从大量实验结果发现,轻核氘(D)和氚(T)是可能发生聚变反应的,但要有一个通常难以实现的条件,那就是轻核必须以极高速度碰撞另一个轻核,克服这两个轻核之间静电斥力,彼此靠近才有可能发生聚变反应。怎么才能创造这个条件呢?只有靠将大量 D、T 组成物质的温度升高到数百万度以上才有可能,也就是说当 D、T 核从温度升高获得足够的动能后,密度足够高时,相互之间碰撞就能发生聚变反应。

D、T 核的聚变反应可用下列反应式表示:



第一个反应式说明 D、D 核之间聚变后发出 1 个 T 核,1 个质子和 4.03MeV 能量。第二个反应式说明, D、D 核另一种可

氢弹爆炸的威力要比原子弹爆炸的威力大得多。

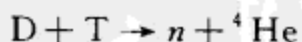
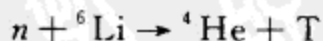
能的聚合放出氦-3核,1个中子和3.27MeV能量。最后一个反应式说明,D、T核聚合后放出氦-4核,1个中子和17.6MeV的能量。从上述反应式可以看出两个重要特点:

- 聚变后都向外放出能量,以D、T反应放能为最多。
- 如果用D、T混合物作为聚变材料,有可能实现自持聚变反应,因为D、D反应生成了新的T核。

上述高达数百万度以上的高温条件是难以在实验室条件下实现的,尽管人们正在朝这个方向努力。可是裂变反应的核爆炸正好提供了这个条件,这就有可能用化学炸药为裂变反应提供条件,再用裂变反应产生的核爆炸为聚变反应创造条件,使自持聚变反应得以实现,从而瞬时放出更加巨大的能量,这就是氢弹或称热核弹的爆炸过程。

氢弹爆炸的威力要比原子弹爆炸的威力大得多。一般来说,原子弹爆炸威力在几百到几万吨TNT当量,氢弹爆炸威力在几十万到几千万吨TNT当量。

氢弹中的聚变材料中T是不可少的。D、T都是以气体或者液体的状态存在,这就给武器的设计、制造、使用带来诸多不便。人们找到了另一种轻核材料氘化锂-6(${}^6\text{LiD}$),它是以固体状态存在,密度在 $0.8\text{g}/\text{cm}^3$ 左右。它的最大优点是 ${}^6\text{Li}$ 在中子作用下可以生成T,再利用D、T反应生成 ${}^4\text{He}$ 和中子,二反应式为:



第一个反应放出T核,第二个反应又放出中子,形成了循环反应,循环一代,消耗一个D核和一个 ${}^6\text{Li}$ 核,放出22.4MeV

美国科学家公布了氢弹爆炸过程的示意图。

的能量。

烧掉 $1\text{kg } {}^6\text{LiD}$, 放出能量约 $4\sim 5\times 10^4\text{t}$ 的 TNT 当量。

如何利用裂变反应产生的高温高压使轻核材料发生自持聚变反应, 同时又能持续足够长的时间, 使核装料得到充分的燃烧, 这是个十分复杂的问题, 它的设计和工艺是极为机密的。美国科学家在《美国大百科全书》中公布了氢弹爆炸过程的示意图, 见图 1.6。

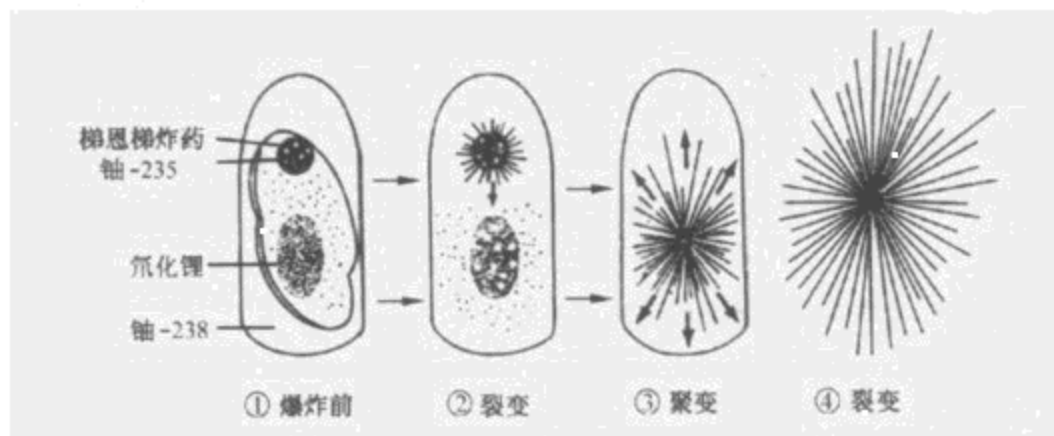


图 1.6 氢弹爆炸过程示意图

图中①为爆炸前状态。有个用铀-238材料做成的外壳, 聚变装料为氘化锂, 非球状, 上方为由 TNT 炸药和铀-235组成的裂变装置。

②为氢弹内裂变装置的爆炸过程。TNT 炸药爆炸压缩铀-235 达到超临界而发生自持裂变反应, 放出大量能量使壳内温度升高到数百万度, 同时放出大量中子。氢弹内的裂变反应装置有个专门名称: 板机, 有的又称为初级。

③为氢弹氘化锂材料的聚变过程。在板机生成的高温、高压和高中子环境下, 氘化锂发生如前所描述的自持聚

由三级爆炸阶段组成的氢弹又称为三相弹。

变反应,放出更多的能量和更多的中子。

④ 为氢弹装置中向外壳材料铀-238 虽不是容易裂变的核,但在大量高能中子作用下也同样会裂变,设置铀-238 壳的目的就是让里面放出的中子进一步再使铀-238 裂变而放出更多的能量。

通过板机裂变,热核材料聚变和铀-238 裂变这三级爆炸阶段完成了氢弹爆炸的全过程,后两级称为“被板机”或“次级”。

这种由三级爆炸阶段组成的氢弹又称为三相弹。氢弹爆炸威力可达百万吨以上的 TNT 当量,裂变过程提供的能量和聚变过程提供的能量大体相等。

1.2 核武器发展简史

核武器基础原理的发展主要有以下几件大事:

1938 年 12 月,德国化学家(O. 哈恩和 F. 斯特拉斯曼)实验上发现了原子核裂变现象。

1939 年 9 月,丹麦物理学家(N. 玻尔和 J. 惠勒)首先从理论上阐述了核裂变反应过程,并提出最易引起裂变反应的重原子核是铀-235 的核。

1942 年美籍意大利物理学家 E. 费米首次实现了链式裂变反应。

1942 年 12 月,在 E. 费米的领导下,建成了美国第一座石墨原子反应堆并达到临界状态,为生成钚-239 打下了基础。

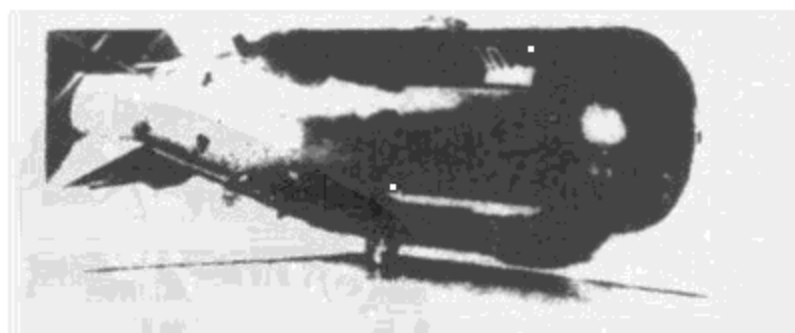
美国核武器发展中的大事可以简单回顾如下:

日本偷袭珍珠港后,美国政府扩大核武器的研究规模,由美国科学家 J. R. 奥本海默领导原子弹的研制工作。

1939年8月,物理学家 A. 爱因斯坦在被法西斯德国迫害而迁居美国的物理学家们的推动下,给美国总统罗斯福写信,阐述一旦法西斯德国掌握原子弹技术,后果不堪设想,建议美国研制原子弹,引起了美国政府的注意,研究工作开始起步。

1941年12月日本偷袭珍珠港后,美国政府扩大核武器的研究规模,1942年发展成庞大的曼哈顿(Manhattan)计划,由美国科学家 J. R. 奥本海默领导原子弹的研制工作。

从1942年8月到1945年5月德国投降前,美国仅用了6年多的时间就研制成了原子弹,解决了电磁分离、气体扩散等工业生产铀-235的方法和技术,并生产了几十公斤的铀-235。同时在石墨天然铀反应堆中生产了几十公斤钚-239。采用“枪法”原理,核装料为铀-235,研制出了代号为“小男孩”的原子弹(见图 1.7)。弹体长 2.5m,直径为 0.71m,重约 4.1t,威力约 1.55×10^4 t TNT 当量。

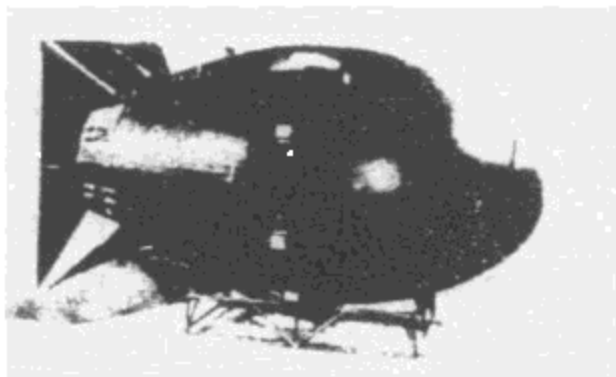


弹体长 2.5m,直径 0.71m,重 4.1t,核燃料为铀-235 重 60kg,烧掉 0.7kg,效率为 1.2%,威力约 1.55×10^4 t TNT 当量。

图 1.7 美国代号为“小男孩”的原子弹

1945年7月16日,美国进行了全世界第一次代号为“三一”的原子弹试验,并取得了成功。

采用“内”爆原理,核装料为钚-239,生产了两颗原子弹,其中一颗代号为“胖子”(见图1.8)。弹体长3.3m,直径1.5m,重约4.5t,威力约 2.3×10^4 t TNT当量,另一颗用于核试验。



弹体长3.3m,直径1.5m,重4.5t,核燃料为Pu-239,重6.2kg,烧掉1.3kg,效率为21%,威力 2.3×10^4 t TNT当量。

图1.8 美国代号为“胖子”的原子弹

1945年7月16日,美国进行了全世界第一次代号为“三一”的原子弹试验,并取得了成功。

1945年8月6日,美国用代号为“小男孩”的原子弹轰炸了日本的广岛,造成了大规模的杀伤和破坏。

1945年8月9日,美国又用代号为“胖子”的原子弹轰炸了日本的长崎。

至此,原子弹已作为一种大规模杀伤武器展现在世人的面前。是祸?是福?对人类而言,大概是祸多福少。

1952年11月,美国研制出了氢弹并首次进行了原理性氢弹试验。核装料为液态氘,威力高达 1×10^7 t TNT当量,使核武器的发展进入了新阶段。

1953年8月12日前苏联在世界上首次用氘化锂核材料研制的氢弹试验成功。

1959年美国开始研究以杀伤人员为主并可减少放射性沾染的中子弹。1962年进行了首次中子弹试验并获得成功,使核武器的发展又进入了更新的阶段。

当然,前苏联在核武器研制上也不甘落后,利用本国在核科学方面的基础,于1943年在物理学家 N. E. 库尔恰托夫的领导下开展了基础研究工作,第二次世界大战胜利后加速进行。

1949年8月29日前苏联进行了第一次原子弹试验并获得成功。

图 1.9 和图 1.10 为前苏联研制的第一颗原子弹和氢弹。

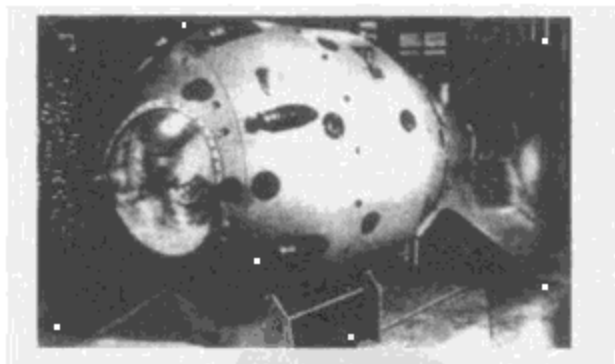


图 1.9 全俄核中心-实验物理研究院核武器博物馆,苏联第一颗原子弹,1949年8月29日试验, 2.2×10^4 t TNT 当量

1953年8月12日前苏联在世界上首次用氘化锂核材料研制的氢弹试验成功。

英国和法国研制核武器的历程,可以通过核武器试验活动看出全貌,这里不再细说了。

一个落后的中国如何崛起成为核国家的呢?这当然要

1964年10月16日我国成功地进行了第一次原子弹爆炸试验。

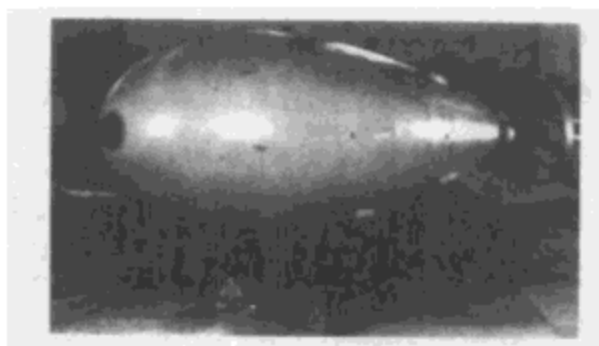


图 1.10 全俄核中心-实验物理研究院核武器博物馆,苏联第一颗氢弹 PJC-6,1953年8月12日试验, 40×10^4 t TNT 当量

归功于解放后的人民共和国和中共中央领导人的雄心和强有力的领导。

50年代中国才初创核工业。

1950年5月中国成立近代物理研究所从事核科学研究,集中了一批我国造诣较深的科学家,为我国核武器发展汇集了人才。

1954年通过铀矿普查证明我国有自己的丰富铀矿资源。

1958年3月开始筹建西北核武器研制基地,1964年建成。

1958年4月筹建核试验场,1963年成立了核武器试验研究所。

1958年7月在北京建立了核武器研究所开展原子弹的研究工作,1960年春研究工作正式展开。

1964年10月16日我国成功地进行了第一次原子弹爆炸试验。

核武器的威力可以达到从几十吨到上千万吨 TNT 当量,和常规武器有比较大的区别。

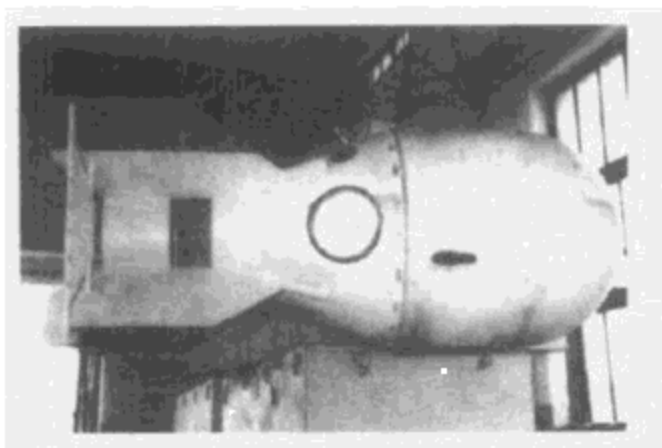


图 1.11 中国首次空投试验的核航空炸弹

1.3 核武器如何分类

什么是核武器呢?有两种说法:一般来讲,原子弹、氢弹和中子弹是核武器;严格来讲,核武器一般是指由核弹头和投掷发射系统组成的武器系统,而不是单一的前面所介绍的核装置。

核武器的威力可以达到从几十吨到上千万吨 TNT 当量,和常规武器有比较大的区别。它既可以在战略上起到威慑作用,也可以攻击敌方的战略目标,这一类武器称为战略核武器。在战场参战,打击敌方军事行动有直接影响的目标,这一类称为战术核武器。

战略核武器

战略核武器的特征一般说来是核弹头威力比较大,而又配有射程比较远的投掷工具,无需考虑爆炸后对我方带来的破坏作用。战略核武器系统种类繁多,大体可以分成下列

洲际导弹、潜艇和飞机这三者构成了三位一体的战略核力量。

类型：

- 陆基洲际弹道核导弹。陆基是说它的发射基地在陆地，例如导弹预先置放陆地发射井内，随时等待发射。洲际就是指导弹射程在 4×10^3 km 以上，可以飞越海洋从一洲到地球另一洲。导弹开始时按预定程序飞行，而后按自由抛物轨迹飞行，按照预定轨道打击目标，这也就是弹道导弹的含义。简单说，就是洲际核导弹。美国“和平卫士/MX”洲际导弹的核弹头见照片 1.12。



图 1.12 美国 20 世纪 80 年代初期研制的“和平卫士/MX”洲际导弹：
多弹头，每个弹头重约 200kg，威力约 50×10^4 t TNT 当量

- 潜地弹道核导弹。弹道核导弹由潜水艇从水下发射。我国的潜地导弹外形见图 1.13。

全世界已有 25000 枚左右战略核武器弹头,美国和前苏联就占世界总数的 90% 以上。

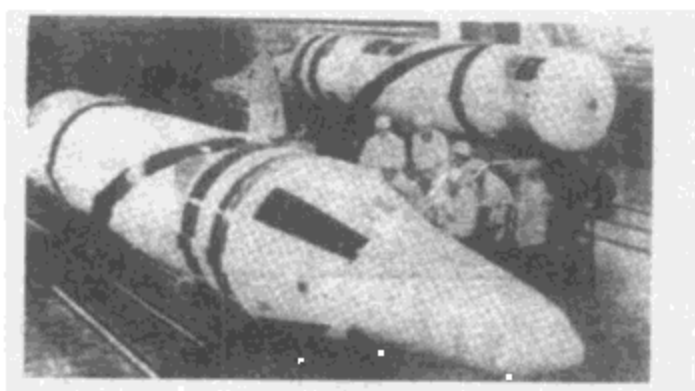


图 1.13 中国潜地核导弹

- 远程战略轰炸机。它可以携带核航弹、近程核导弹、巡航导弹等。照片 1.14 是我国首次氢弹试验的核航弹。

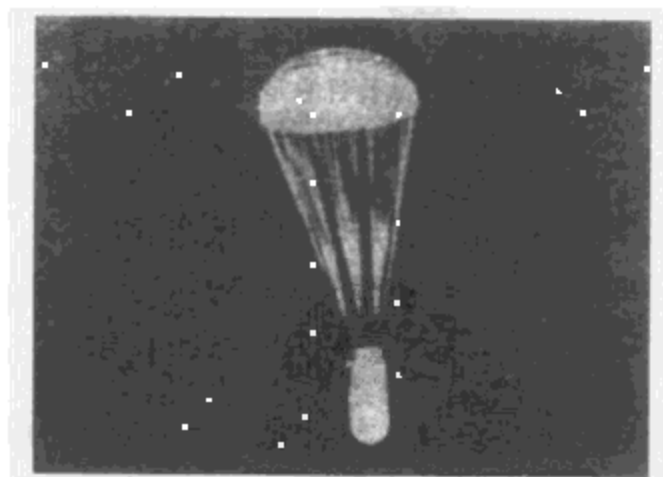


图 1.14 我国首次氢弹空爆试验的核航弹

洲际导弹、潜艇和飞机这三者构成了三位一体的战略核力量。在过去的冷战年代里,美国、前苏联大力发展和部署了大规模的战略武器系统。全世界已有 25000 枚左右战略核武器弹头,美国和前苏联就占世界总数的 90% 以上。

美苏两国拥有各式各样的核导弹。

战术核武器

战术核武器和战略核武器的差异是战术核武器威力比较小,投掷工具的射程比较短,使用时要注意避免造成对自己一方的损伤。

战术核武器包括下列各种类型核弹:

- 近程核导弹。它又分为由地面发射打击地面目标的
地地导弹(图 1.15 是前苏联 SS-21 近程地地导弹),
和从舰船上发射打击水面和空中目标的舰舰或舰空
导弹。



图 1.15 前苏联 SS-21 近程地地导弹

- 核航弹,它是由飞机投掷的核弹。图 1.16 是美国新型核航弹。
- 核炮弹。它是用火炮发射的核弹。初期核炮弹仅是裂变型的原子弹,威力在几百到几千吨 TNT 当量。随着中子弹研制成功,发展了中子炮弹,威力在 $1\sim 2 \times 10^3$ t TNT 当量,主要是利用中子杀伤开阔地面或者坦克内人员。

只有弹着点精度很高且能钻入地下的核爆炸才能达到摧毁战略目标的目的。

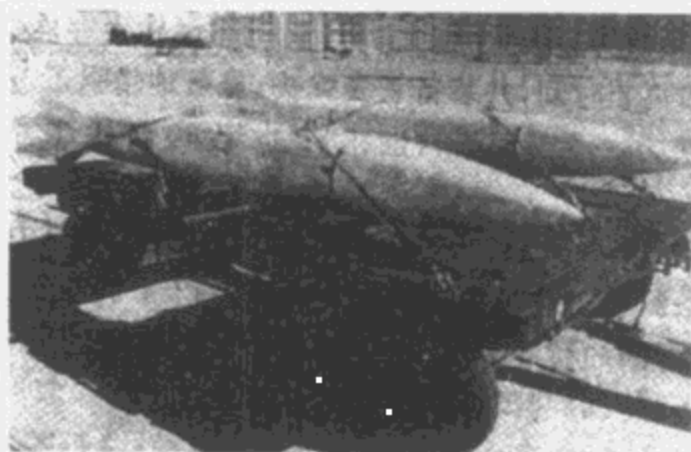
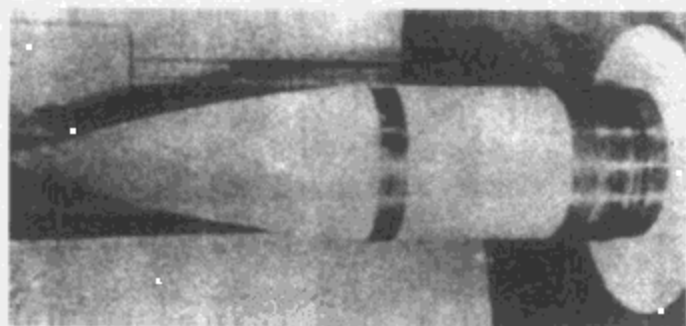


图 1.16 美国新型核航空炸弹

图 1.17 是美国 155mm 火炮的裂变型核炮弹。



美国 155mm 火炮的裂变型核炮弹,重 54.2kg,长 86.4cm,直径 15.5cm,威力不到 1×10^4 (TNT 当量)。

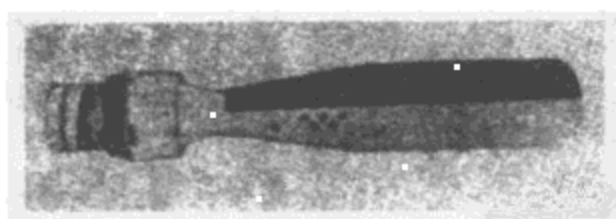
图 1.17

- 钻地核弹。它是能钻入地下一定深度爆炸的核弹。美国钻地弹的样品见图 1.18,这是目前仍在研究发展中的一种武器系统,美国研制的型号为 B61 的弹头可以钻入地下的深度为 2~15m。



在当前各国的战略目标(例如地下首脑工程、导弹发射井等)的抗爆炸能力大大增强的条件下,地面核爆炸已不足以摧毁它们,只有弹着点精度很高且能钻入地下的核爆炸才能达到摧毁战略目标的目的。

其它的核弹还有核深水炸弹(见图 1.19)。



2

比炸药猛烈千万倍的核爆炸

2.1 核爆炸的发展过程及其杀伤破坏因素

前面我们已经说过,当核装置内核反应过程结束时产生的温度高达数百万度,压力达上千万个大气压的高温高压气团,这个气团向外迅猛膨胀,同时发射 X 光,加热周围的空气,使被加热的空气成为高温高压气团的外层,这个又膨胀又发光的气团就是“比一千个太阳还要亮”(外国一本描述核武器发展过程的书名)的火球。参看图 2.1。火球加热外层空气的过程逐渐变慢,但是仍然有相当大的一部分光辐射

炸药爆炸形成的火球温度仅千余度,而核爆炸火球表面温度则高达万度以上。

向外发射,造成人员烧伤和物体烧毁——这就是核爆炸的重要杀伤破坏因素之一的光辐射,也称热辐射。火球发展变慢,但高压气团仍迅速向四周膨胀,压缩空气形成以超音速的速度向外传播的冲击波。当冲击波遇到地面时遭到反射,使地面发生变形,或者形成弹坑。同时反射后的冲击波以爆心投影点为球心的球面向外传播,直到逐渐减弱成声波为止。冲击波是核爆炸的第二个杀伤破坏因素。

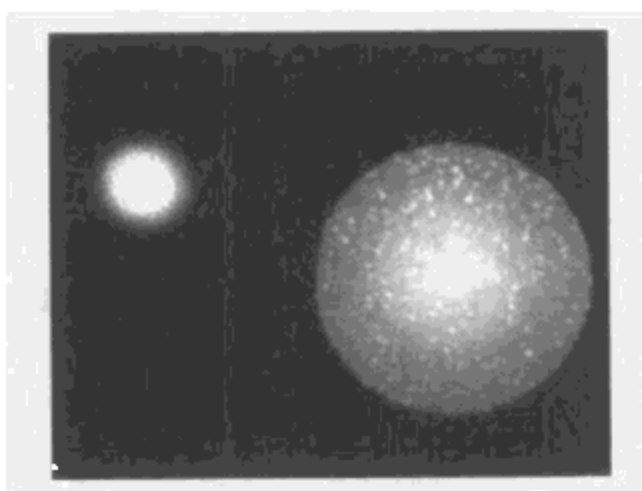


图 2.1 我国首次氢弹空爆试验的火球(左上方亮点为太阳)

火球熄灭后成为烟云,它和由冲击波地面反射后生成的尘柱相衔接,形成稳定的高大蘑菇状烟云(参看图 2.2 和图 2.3),而后随高空风向下风方向飘移扩散,数天后才会在地球表面逐渐消失。

核爆炸的发展过程与炸药爆炸有相似之处,但核爆炸要猛烈得多。例如炸药爆炸形成的火球温度仅千余度,而核爆炸火球表面温度则高达万度以上。火球的大小也相差很大,因此从外观景象上看差得很多。参看火球的照片(图 2.1)。

美丽而又恐怖的景象——蘑菇云。



云高约 10~11km, 云宽约 5~6km

图 2.2 我国首次核试验的蘑菇状烟云



云高约 20km, 云宽约 20~25km, 白色环状云是空气中水蒸气冷凝之后所生成的冷凝云。

图 2.3 首次氢弹空爆试验的蘑菇云

与炸药爆炸相比,核爆炸独有的特点是“核辐射”。

核反应在进行的过程中就向外放出 α 粒子、 β 粒子、中子和 γ 射线。但能穿出弹体和空气到达一定距离,造成伤害人员的只有中子和 γ 射线,这二者就是核爆炸特有的杀伤破坏因素。因为这一部分辐射只是在爆炸后一段时间内起作用,通常称为早期核辐射。

不论是原子弹还是氢弹爆炸后都要剩余一部分裂变材料,它和裂变所产生的碎片都能向外发射 β 粒子和 γ 射线,这部分核辐射称为剩余辐射,或者说成是裂变产物带有的放射性。一旦遭到放射性沾染,同样可以伤害人畜,这是核爆炸产生的第四种杀伤破坏因素——放射性沾染。它与前三者有区别,前三者都是爆炸后短时间内起杀伤破坏作用,有时也叫它们为瞬时杀伤破坏因素,而放射性沾染将在长时间内对被沾染的区域起着杀伤作用。

还有一个对人员不会造成伤害,但对指挥、通信、计算机和信息系统可能造成破坏和干扰的破坏因素——核电磁脉冲。它是伴随核爆炸 γ 射线产生的,但它的影响范围却比 γ 射线作用范围大得多。

2.2 核爆炸方式和景象

核爆炸有多种方式,主要分为大气层核爆炸、外层空间(又称高空)核爆炸和地(水)下核爆炸。

核武器发展的早期,不论是核武器爆炸试验,还是对日本广岛、长崎的核轰炸都是大气层核爆炸。

大气层核爆炸根据爆点距地面(或水面)的高度又可分为地爆和空爆两种。二者的区分就在于核爆炸火球是否接触地面。

大气层核爆炸根据爆点距地面(或水面)的高度又可分为地爆和空爆两种。二者的区分就在于核爆炸火球是否接触地面,用爆炸高度小于或大于火球半径来区分地爆和空爆。

地爆中,特别放置地面时的触地爆炸会在地面形成足够大的弹坑,参看图 2.4。

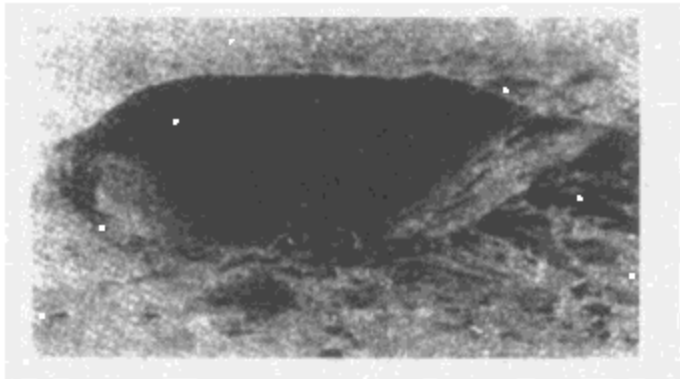


图 2.4 美国“轿车”核试验,威力为 10.4×10^4 t TNT 当量。生成的弹坑深度约 105m,直径约 420m,尘土抛射高度约 660m,见图 2.5



烟云高度约 4 000m

图 2.5 1962 年 7 月 6 日进行的“轿车”试验

火球在发光的同时不断增大和上升,发光时间的长短和最大半径的大小都与核爆炸威力有关。

大气层核爆炸景象一般都是先看到强烈闪光。空中爆炸的火球确实比太阳亮得多。比一千个太阳还要亮虽说是艺术夸张,但也不过分。闪光后接着又出现明亮的火球,和炸药爆炸生成的火球相比,一是核爆炸火球温度高出数倍,另一重要特点是核爆炸火球在发光时间内前后出现两个最亮的亮度,这个特点对于区别炸药爆炸和核爆炸很有参考价值。

火球在发光的同时不断增大和上升,发光时间的长短和最大半径的大小都与核爆炸威力有关。空中爆炸时,威力为 $2 \times 10^4 \text{ t}$ TNT 当量的爆炸,火球发光时间约 2.4s,最大半径为 220m,当威力加大到 $100 \times 10^4 \text{ t}$,则发光时间为 13s,最大半径为 890m。

在火球不断增大过程中,地面反射后的冲击波经过火球使得火球变形,呈上圆下平的馒头状,底面向内凹陷,火球熄灭后冷却成灰白色或棕褐色的烟云。

爆点在地面(水面)以下的爆炸为地(水)下核爆炸。根据距地(水)面的深度又分为浅地(水)下和封闭地下核爆炸。

浅地下爆炸不仅形成巨大弹坑,向外抛出大量的土石介质,而且在土壤或岩石中产生强烈的冲击波和震动,足以破坏深达百米以上的首脑工程。图 2.5 为浅地下爆炸时土石介质向外喷发的实况。

浅水下爆炸也可以看到火球,最为显著的是在水中形成高温高压气泡,迅速膨胀并上浮,并产生水中冲击波。当气泡上浮到水面时喷发大量蒸汽并形成巨大水柱,稳定后形成菜花状烟云,参看图 2.6。

外层空间或高空核爆炸,一般是指爆炸高度在约 80km 以上的爆炸。

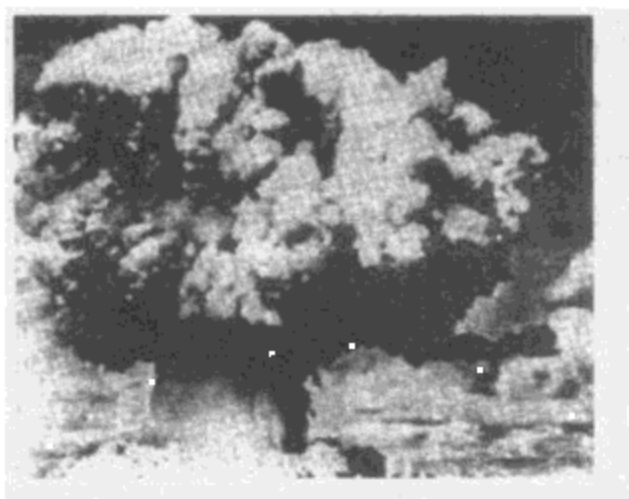


图 2.6 美国以 Baker 为代号的浅层水下爆炸形成的菜花状烟云,烟云高约 2 000m,在云柱中抛起百万吨重的水,照片中云柱内的水已开始回降

封闭式地下核爆炸一般都用于地下核试验,目的是将核爆炸所产生的绝大部分放射性封闭于地下,当然也便于进行对武器的试验研究。

外层空间或高空核爆炸,一般是指爆炸高度在约 80km 以上的爆炸。由于高空大气密度不足地面十万分之一,爆炸景象和一般空爆有较大的差异。有时会在爆点以下,距地面 60~80km 高度上形成圆饼状火球,还伴有多种地球物理效应。例如产生人造极光、人造辐射带等,这种爆炸方式有它特有的军事和空间科学研究的用途。

2.3 核试验

为了研制发展核武器和研究核爆炸的杀伤破坏效应在

不通过核试验就想研制核武器有不可逾越的困难。

军事上的应用和防护,为了科学研究和和平利用核爆炸,都需要进行核武器爆炸试验。不通过核试验就想研制核武器有不可逾越的困难。为了研制核武器的需要,印度和巴基斯坦冒天下之大不韪,竟然在全世界已就“核禁试条约”达成共识的条件下,于1998年5月进行核试验,可能就是例证。

核试验方式的区分和核爆炸方式的分法相似,一般分为大气层核试验(含浅层地下和水面水下核试验)、高空核试验和封闭地下核试验。前面两种核试验方式都会给大气环境带来放射性污染。封闭地下核试验则一般不会发生大气环境的污染,而只有少量放射性泄漏,但也会对局部地域造成污染。

在核武器发展的早期,一般核装置或武器试验都采用大气层核试验方式,而且往往第一次核试验都是将核装置放置在一定高度的铁塔上进行。

例如1945年7月16日美国进行的首次核试验,称为三一(Trinity)试验,铁塔高100英尺,见图2.7。

我国于1964年10月16日进行的首次核试验也是在铁塔上进行的,参见图2.8,塔高102m,核爆炸后铁塔被烧蚀,一部分扭曲成麻花状,倾倒在地面,参见图2.9。

随着核武器的发展,有核国家陆续研制了氢弹并成功地进行了首次氢弹试验。由于核试验技术的进步和防止放射性污染大气环境的需要,核试验陆续转入地下。各有核国家首次原子弹试验、氢弹试验和第一次地下核试验的进程见表2.1。

核试验地点一般都选在远离城市的沙漠地带。

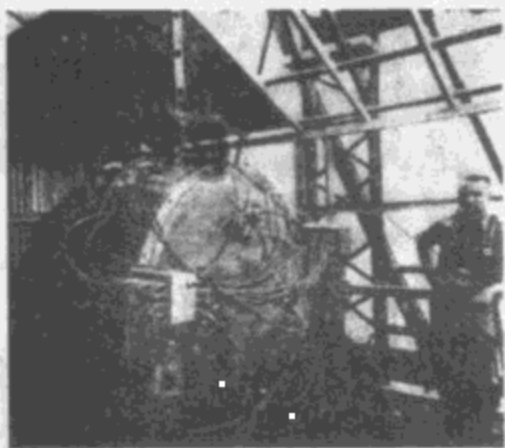


图 2.7 1945 年 7 月 16 日美国首次进行三一核试验,在 100 英尺高的爆炸塔顶上放置了叫“小玩意儿”的“三一”内爆弹,该塔矗立在新墨西哥州阿拉莫戈多附近的约那大·得尔·穆耶托沙漠中,弹体内装有 5 000 磅猛炸药



1964 年 10 月 16 日在新疆罗布泊试验场进行首次核试验所用的铁塔,塔高 102m,核装置威力为 2.2×10^4 t TNT 当量

图 2.8 我国第一颗原子弹爆炸前的试验铁塔

自 1945 年美国进行首次核试验以来,全世界有核国家一共进行了 2060 次核试验。

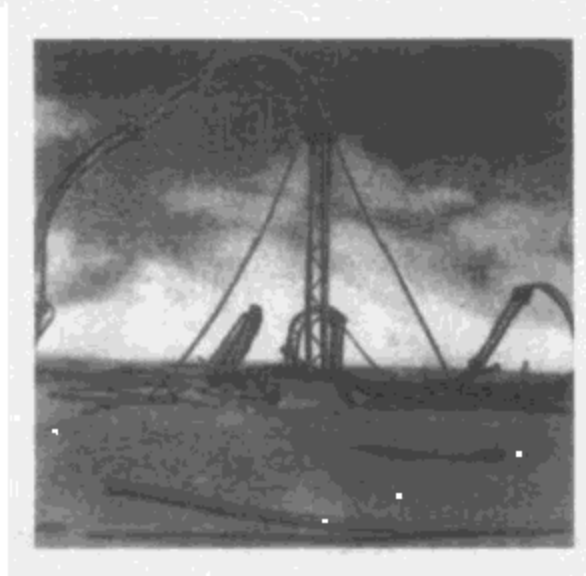


图 2.9 我国第一颗原子弹爆炸后场景,爆后铁塔部分烧蚀,整个塔被扭曲,倾倒在地面

表 2.1 各有核国家核试验进程表

| 国别 | 第一次原子弹试验 | 第一次氢弹试验 | 第一次地下核试验 |
|------|------------------|------------------|------------------|
| 美国 | 1945 年 7 月 16 日 | 1952 年 10 月 31 日 | 1951 年 11 月 29 日 |
| 前苏联 | 1949 年 8 月 29 日 | 1953 年 8 月 12 日 | 1961 年 10 月 11 日 |
| 英国 | 1952 年 10 月 3 日 | 1957 年 5 月 15 日 | 1962 年 3 月 1 日 |
| 法国 | 1960 年 2 月 13 日 | 1968 年 8 月 24 日 | 1961 年 11 月 7 日 |
| 中国 | 1964 年 10 月 16 日 | 1966 年 12 月 28 日 | 1969 年 9 月 23 日 |
| 印度 | 1974 年 5 月 18 日 | | 1974 年 5 月 18 日 |
| 巴基斯坦 | 1998 年 5 月 28 日 | | 1998 年 5 月 28 日 |

自 1945 年美国进行首次核试验以来,全世界有核国家一共进行了 2 060 次核试验(包括印度宣布的 6 次,巴基斯坦宣布的 5 次),其中给大气环境带来的放射性污染的大气层核试验 503 次,地下核试验 1 557 次,各有核国家以美国和前

进行大气层核试验是武器研制的需要,更是军事上使用和防护核武器的需要。

苏联试验次数最多,分别为 1 056 次和 715 次。

进行大气层核试验是武器研制的需要,更是军事上使用和防护核武器的需要。要想正确使用和防护核武器,它的技术基础就是弄清核爆炸各个杀伤破坏因素的变化规律,它们是如何杀伤人员和破坏目标物的,以及有哪些防护措施可以有效减少这些杀伤破坏因素的作用。对军事指挥员来说,在核爆炸的环境下如何布署部队的行动,怎样运筹核武器的使用和防护,以及许多可能发生核战争的有关问题的研究,都需要利用大气层核试验所提供的情报。

由于空中核爆炸(特别是威力为百万吨当量的空爆)的杀伤破坏作用范围广,直径可达数十公里,有的杀伤破坏因素的影响范围可达百余公里,因此空中核试验场都必须设置在广袤的无人区,才能保证不致危害试验场区周边的人员。

我国核试验场在新疆东部罗布泊地区,远离城镇,下风方向几百公里内无居民点,完全满足这些要求,是比较理想的空爆试验场。

为了研究核武器效应,在试验场的地面要布设各种测量设备,记录、测量各个杀伤破坏因素的参数。例如记录光辐射、核辐射和冲击波等参数随距离的变化等。距爆心不同距离处布设了多种目标物,例如建筑物,各种类型的兵器、物资等以观察破坏效应,还布置有猪、狗等动物以观察杀伤效应等。同时还要设置安全区,让工作人员在此区域内工作,以保障这些人员不受到伤害。核试验指挥员一声令下,随着核武器爆炸的声响,在数百平方公里范围内的各种设备同时开始工作。如果你在核试验现场观察的话,你将看到核爆炸的

大气层核试验的最大问题是会造成大气环境的放射性污染,地下核试验特别是封闭式试验得到了快速的发展。

许多外观景象,进效应场地走一圈,你将看到一些目标物被冲击波摧毁,有些目标物起火燃烧,有些动物当场死亡或受伤。在防护工事内或在较远距离布设的动物没有受到伤害,物质完好无损。你会感受到所谓大规模杀伤武器——核武器的含义。

大气层核试验的最大问题是会造成大气环境的放射性污染,核试验自进行以来就遭到人们广泛的反对,因此停止大气层核试验是大势所趋。从1981年至今世界有核国家都没有再进行过大气层核试验。

随着核试验技术的进步,在几个主要有核国家已基本弄清核武器效应的情况下,核试验已由空中转入地下,地下核试验特别是封闭式试验得到了快速的发展。

封闭地下核试验都是在距地表约百米以下深度的条件下进行的,采取这样安全深度的主要目的是将核爆炸所产生的放射性绝大部分封闭于地下,不致造成大气环境放射性污染。

要选择100m以下深度设置安放核装置的爆室,围绕爆室几米和几十米范围内设置管道以安放多种多样测量系统以及核辐射效应研究系统,只有两种情况才有可能:一是利用山体,开掘特殊设计的多条长坑道,再按照设定的方案进行回填堵塞之后实施核爆炸,这种方式称为平洞试验;再一种就是从平坦地表钻一大口径的竖井,用吊装塔架(参看图2.10)将核装置和测量系统合二为一的钢架吊入竖井底部,再将竖井用砂石回填后,实施核爆炸,这就是竖井试验方式。

这两种试验方式中,测量系统都是紧靠核装置来研究装

核武器的杀伤破坏因素可以分为两大类：瞬时杀伤破坏因素和持久杀伤因素。

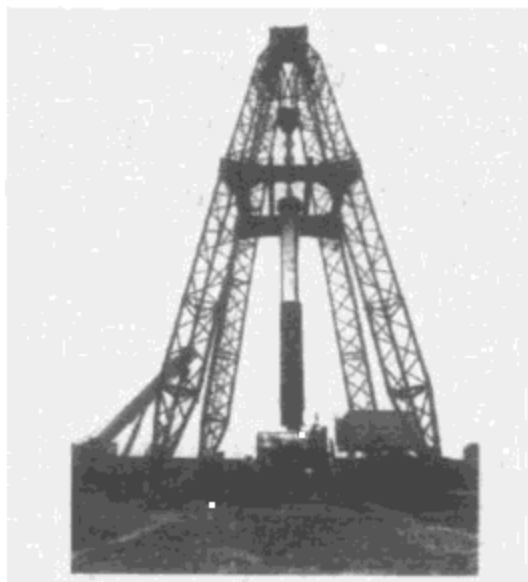


图 2.10 中国地下核试验吊装装置

置内的核反应过程的，因而更有效、更可靠、更精确，地下核试验是研究发展核武器的最好的试验方式。

2.4 核爆炸对人员的杀伤和对物体的破坏

核武器不仅是一种大规模杀伤武器，而且具有多种杀伤破坏因素。前面已经谈到，核武器的杀伤破坏因素可以分为两大类：瞬时杀伤破坏因素和持久杀伤因素。

瞬时因素是核爆炸火球及其光辐射、冲击波和早期核辐射，它们在核爆炸释放的总能量中所占的比例与核武器类型有关，示意如图 2.11。对于纯裂变武器，例如核武器发展早期的原子弹，冲击波约占总能量的 50%，光辐射约占 35%，早期核辐射约占 5%，持久杀伤因素放射性污染或剩余核辐

中子弹与低威力裂变弹爆炸时的能量分配。

射约占 10%；对于以聚变为主的中子弹，早期核辐射占总能量比例高达 30%，其他因素所占比例略有减少，冲击波降低到约 40%，光辐射约为 25%，剩余核辐射约占 5%；对于一般氢弹，冲击波和光辐射所占比例高达 90%，早期核辐射仍占 5%，剩余核辐射也占 5%。

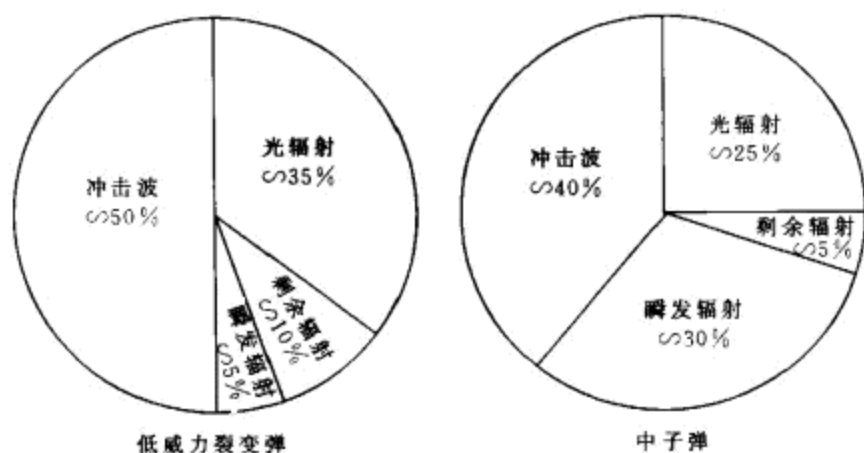


图 2.11 中子弹与低威力裂变弹爆炸时的能量分配

伴随裂变产物的剩余核辐射虽然仅占核爆炸总能量的 5%~10%，但它能否杀伤人、畜，要看裂变产物是否造成污染，这与核爆炸方式直接有关。如果是爆炸高度不高的地爆，则大部分带放射性的粒子沉降在爆心及下风方向，造成大面积放射性污染，形成持久的杀伤因素。如果是空爆，而且爆炸高度高到从地面升起的尘柱不再和烟云相衔接，那么烟云中放射性粒子虽然有一小部分沉降到地面，但这种情况不足以对人、畜起到杀伤作用，放射性污染就不再是杀伤因素。

威力为 1×10^6 t TNT 当量的核弹爆炸时,可能造成半径达 70km 范围内人眼眼底烧伤。

下面将逐个介绍这些瞬时杀伤破坏因素的特点及其随核武器威力和距离的变化而产生的变化,以及利用这些特点进行可能的防护。

核爆炸火球及其发出的光辐射

前面我们介绍核爆炸景象时就说到,核爆炸瞬间看到强烈的闪光,这一道闪光就是核武器的杀伤因素。当人眼直视火球时会造成人眼底烧伤,轻者可致闪光盲。

当人眼直视火球时,光辐射通过瞳孔在眼底(即视网膜)上成像,如果眼底接受的能量超过 $0.42\text{J}/\text{cm}^2$,则眼底会被烧伤。由于人眼有聚光作用,所以造成眼睛烧伤的范围比较大,假如天气晴朗,能见度良好,威力为 1×10^6 t TNT 当量的核弹爆炸时,可能造成半径达 70km 范围内人眼眼底烧伤。

当距离大于 70km 时人眼看到闪光时会由于亮度刺激会引起视功能紊乱,色觉异常或者视力下降等闪光盲的症状,闪光盲属于暂时性视功能下降,不经治疗即可恢复。在上面讲的相同核爆炸条件下,闪光盲范围可达 200km。对于飞机驾驶员来说可是个威胁,当得了闪光盲后会导致严重的后果。

真正烧伤皮肤,烧毁物体,引起火灾的是闪光过后火球在发光时间内继续发出的光辐射。火球在整个发光时间内投影到与光线垂直的单位面积上的能量,即 J/cm^2 ,称为光冲量。可用它的大小来衡量物体破坏、人员烧伤的程度。

距爆心投影点不同距离上的光冲量不仅与核爆炸威力

物体在光辐射作用下,表面温度急剧升高,可能造成物体表面灼焦、熔化或起火燃烧。

成正比,而且与天气条件有关,这一点和太阳辐射受天气影响相似,晴朗天气,光冲量会强得多;灰蒙蒙的天气,光冲量就要弱得多。

物体在光辐射作用下,表面温度急剧升高,可能造成物体表面灼焦、熔化或起火燃烧。物体破坏程度不仅与受照的光冲量大小有关,还与物体材料的性质有关。特别是与物体表面的颜色、粗糙程度紧密有关,粗糙、深色较易受到破坏,光滑、浅色就能减轻破坏。由于光冲量作用时间不长,一般只烧毁表面,如果在表面采取适当防护措施便可以减轻甚至防止光冲量的损伤。

图 2.12 是飞机遭到光辐射烧毁的情况。



威力为 $300 \times 10^4 \text{t}$ TNT 当量空中爆炸,距爆心投影点 22km 处,飞机起火被烧毁的情况,光冲量约 $27 \text{J}/\text{cm}^2$ 。

图 2.12 飞机遭光辐射烧毁情况

人员受光辐射作用后,可能造成的主要伤害是皮肤烧伤。

图 2.13 是木质电线杆在光辐射和冲击波共同作用下被烧毁和折断的情况。

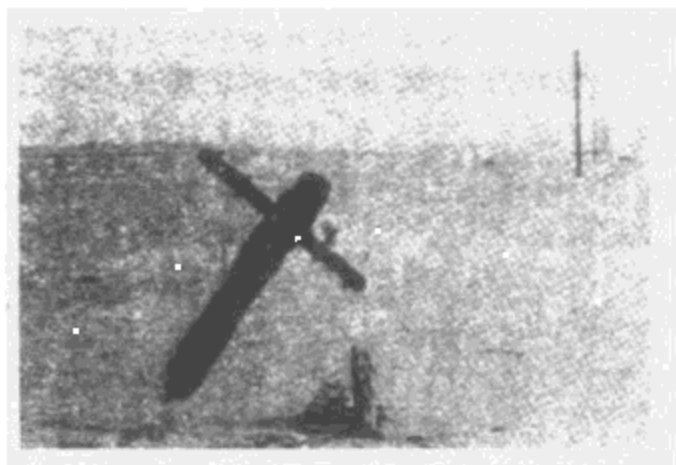


图 2.13 核爆炸产生的冲击波和光辐射
将木质电线杆折断烧毁情况

干燥松软的易燃材料在受到光冲量约 $13\sim 21\text{J}/\text{cm}^2$ 的作用下可能起火燃烧,火焰在自然风和冲击波形成的阵风的推动下,可能迅速蔓延而形成大面积火灾。1945 年日本广岛遭到核攻击而造成大面积火灾,约有 63% 建筑物被烧毁,破坏严重。

人员受光辐射作用后,可能造成的主要伤害是皮肤烧伤。皮肤烧伤有两种情况,一是人体裸露部位受到光辐射所造成的直接烧伤,另外就是所穿衣服、房屋和其他物体着火所造成的间接烧伤。当城市发生火灾时,会造成很严重的灾情。皮肤烧伤的伤情可分为轻度、中度、重度和极重度四级,这四级与受的光冲量大小有关。每种伤情可大体用烧伤占体面积的百分比来衡量,例如烧伤在 10% 以下为轻度,光冲

冲击波是核爆炸的强大破坏力。

量为 $21\sim 68\text{J}/\text{cm}^2$ ；中度占 $10\%\sim 30\%$ ，光冲量为 $68\sim 130\text{J}/\text{cm}^2$ ；光冲量大于 $130\text{J}/\text{cm}^2$ ，烧伤程度在重度以上。

距爆心投影点很近的人员由于吸入灼热气体会造成呼吸道烧伤。一般皮肤遭到重度以上烧伤的伤员都可能伴有呼吸道烧伤。

光辐射作用时间短而且能被任何遮光材料所遮挡，因此利用库房和工业隐蔽物资装备，疏散和清除周围易燃物，可以避免物资烧毁和火灾，利用各种工事、地形、地物或用衣物保护身体的暴露部位，可以减轻或避免光辐射的伤害。

核爆炸的强大破坏力——冲击波

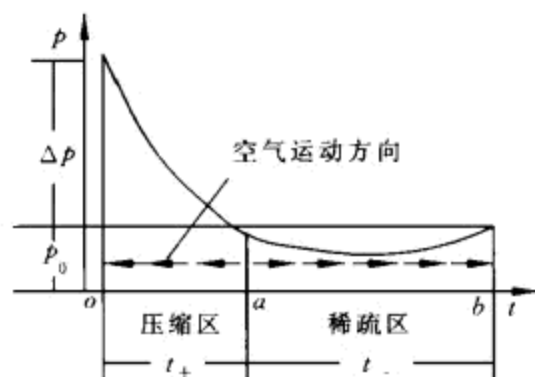
当核武器在空中、地面爆炸时，空气冲击波是主要杀伤破坏因素，能在大范围内杀伤人员、破坏物体。

触地爆炸或浅层地下爆炸发生时，除了有空气冲击波外，还会在地下土石介质中产生地冲击波和强烈地震，能破坏埋设在地下的首脑工程和其他坚固建筑物。

什么是冲击波呢？有人比拟它为气浪，实际上它是以超音速传播的波动，可以用图 2.14 来说明。当冲击波到达某点时，你首先感觉到空气压力突然升高。这突然升高的压力超过原来静止大气压力的部分，叫超压。同时感到从冲击波来向一侧的气流的冲击，这个冲击压力称为动压。随后压力逐渐减小，直到消失（见图 2.14 中的 a 点）。后又逐渐受到拉力的作用。这个拉力是作用在物体上面压力低于原来大气压力的负压，同时气流向相反方向流动，最后恢复到大气

通常威力的核武器空中爆炸产生的冲击波，一般在爆后二三十秒内具有杀伤破坏作用。

原来的状态(见图 2.14 中 b 点),冲击波作用结束。冲击波压力突然升高处(见图 2.14 中 o 点)为冲击波阵面, oa 这段时间为冲击波正相作用时间,一般在十分之几秒到几秒。 ab 为负压作用时间,一般为数秒,二者都与核爆炸威力和距离有关。



o 点为冲击波阵面, p_0 为冲击波未到前的大气压力, Δp 为超压, oa 为压缩区,时间长短 t_+ 为正相作用时间, ab 为负压区又称稀疏区,时间长短 t_- 为负压作用时间。

图 2.14 在空间固定点上冲击波压力、空气运动方向和速度随时间的变化情况

冲击波在大气传播中不断衰减,最后变成声波而后消失。人们在爆炸现场听到的就是冲击波所产生的巨大响声。

通常威力的核武器空中爆炸产生的冲击波,一般在爆后二三十秒内具有杀伤破坏作用。与炸药爆炸产生的冲击波极为相似,不同的是冲击波强度,即冲击波超压和正相作用时间要强得多,杀伤破坏的范围要大得多。

冲击波的超压和动压大小都是以帕(Pa)为单位。例如

冲击波对物体的破坏主要决定于超压、动压和正相作用时间。

标准状态下一个大气压为 101.3 千帕(kPa)。

不同威力空中爆炸不同距离上冲击波超压值见表 2.2。

表 2.2 不同威力核武器空中爆炸杀伤破坏因素随距离的变化

| 威力 /10 ⁴ t TNT | 2 | | | 100 | | |
|------------------------------|---------------|---------------|----------------------------|--------------|---------------|----------------------------|
| | 距爆心 投影距离/m | 冲击波 超压/kPa | 光冲量 /J·cm ⁻² | 早期核 辐射/Gy | 冲击波 超压/kPa | 光冲量 /J·cm ⁻² |
| 200 | 517 | — | — | 247 | — | 28 |
| 400 | 198 | 819 | 437 | 231 | — | 25 |
| 600 | 115 | 460 | 136 | 216 | — | 21 |
| 1 000 | 59 | 186 | 13 | 191 | — | 12 |
| 2 000 | 19 | 45 | 0.11 | 137 | 1 040 | 1.5 |
| 3 000 | 10 | 19 | 0 | 94 | 610 | 0.11 |
| 5 000 | 5.0 | 5.7 | — | 45 | 244 | 0 |
| 7 000 | 3.0 | 2.5 | — | 26 | 115 | — |
| 10 000 | — | 1.0 | — | 15 | 53 | — |
| 20 000 | — | 0 | — | 5.1 | 9.3 | — |

冲击波对物体的破坏主要决定于超压、动压和正相作用时间。超压表现为对物体挤压作用,动压则表现为对物体一侧的冲击作用,物体是同时在这两种作用下遭到破坏的。

物体的破坏程度一般分为三级:轻微、中等和严重破坏。例如一般砖砌的低层楼房在超压为 7~15kPa 时遭到轻微破坏,中等破坏的超压为 15~25kPa,超压大于 26kPa 时将遭到严重破坏。图 2.15 是房屋遭到严重破坏的照片。

对于与圆柱形、球形相近的物体或坚固的兵器如坦克,

核弹空爆时冲击波威力惊人。



图 2.15 砖砌的低层楼房在超压大于 26kPa 作用下遭到严重破坏

动压即瞬时的冲击起着主要破坏作用。在威力为百万吨 TNT 当量空爆时,距离较近的坦克被冲击波抛翻的照片见图 2.16。

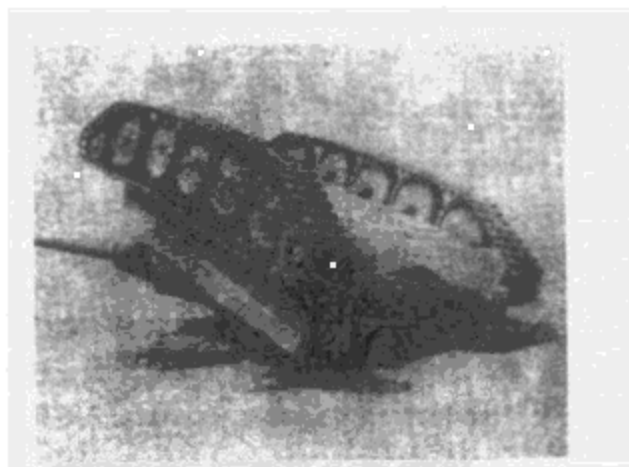


图 2.16 威力为百万吨 TNT 当量空爆时,爆心投影点附近的坦克被抛掷翻倒的情况

一般说来对冲击波的防护是可能的,最有效的防护措施是地下工事,如地铁、地下室等都有好的防护效果。

冲击波对人员的杀伤作用也分为直接和间接冲击伤两种。超压可以使心、肺、听觉器官损伤;动压可以将身体抛起,碰撞而造成伤害。冲击伤情也和烧伤相似分成轻、中、重和严重四等。造成轻度伤的超压为 $20\sim 29\text{kPa}$,中度伤为 $29\sim 59\text{kPa}$,超压大于 60kPa 可造成重度以上伤情。因为超压和动压是同时作用的,一般情况下动压值都小于超压值,当动压起杀伤作用后,冲击伤程度都比较重。

在冲击波作用下的建筑物倒塌,飞扬的砂石和玻璃碎片等都可能对人员造成伤害,这样的伤害称为间接冲击伤。

一般说来对冲击波的防护是可能的,最有效的防护措施是地下工事,如地铁、地下室等都有好的防护效果;在措手不及的情况下,利用地形地物并卧倒,也会大大减轻伤害。

核爆炸对地下建筑物的破坏

一般空中核爆炸很难摧毁地下建筑物,特别是坚固的地下工事,如首脑工程、导弹库和发射井等这些硬目标。但是触地、浅层地下爆炸就能克服空爆的不足,这也是美国积极发展钻地弹,以达到浅层地下爆炸的原因。

浅层地下爆炸突出的景象是抛出大量土石碎块(参见图2.5),形成巨大弹坑(参见图2.4)。它的杀伤破坏因素中,还出现比空爆强得多的地冲击波和地震引起的地运动,使得弹坑周围介质破裂和明显变形。

由于弹坑半径随土石介质的性质变化,它也反映了弹坑周围介质的破坏特点,因此可用弹坑半径来估计地下建筑物

威力为 2×10^4 t TNT 当量在软的土层中深 48m 爆炸的弹坑半径为 117m。

被破坏的范围。比较坚固的地下建筑物在约 1.25 倍的弹坑半径内会遭到严重破坏,2.5 倍弹坑半径遭到轻微破坏。一般地下建筑物或地下管道在 2.5~3 倍弹坑半径内会遭到不同程度的破坏。

弹坑半径的大小可用实例来说明,例如威力为 2×10^4 t TNT 当量在软的土层中深 48m 爆炸的弹坑半径为 117m,但若在硬的岩石中同样深度爆炸,弹坑半径减小到 93m,如果只在地表进行触地爆炸则相应的半径分别为 46m 和 57m。这组数据表明钻入地下的核爆炸对地下坚固建筑物破坏半径要比触地爆炸大得多。

另外,在弹坑附近地震引起的地运动,即使不会破坏建筑物本身,也可能破坏室内的重要设备。

核爆炸产生的不可见的破坏力 ——早期核辐射和电磁脉冲

早期核辐射是核爆炸头十几秒发出的中子和 γ 射线,因为它对物质具有较强的贯穿能力,所以又称贯穿辐射。主要包括伴随核反应过程产生的中子、 γ 射线,裂变产物早期释放的 γ 射线以及中子与空气相互作用产生的 γ 射线等三个部分。

早期核辐射对人 1kg 畜伤害和对物体破坏的程度取决于物质吸收射线的能量,即吸收剂量,又简称剂量,单位为戈瑞(Gy),它是物质吸收 1J 能量的度量。

早期核辐射在传播过程中由于空气吸收和随距离的衰减,对于威力为 1×10^4 t TNT 当量的核爆炸,它的杀伤破坏

人员受到核辐射超过一定量的吸收剂量后,会造成不同程度的急性放射病。

范围比其他因素的范围要小得多,表 2.2 中列出了不同威力爆炸不同距离上的剂量,但对于威力在千吨左右的中子弹则情况正好相反。

人员受到核辐射超过一定量的吸收剂量后,会造成不同程度的急性放射病,按病情和医疗后能恢复健康的状况,分为轻度、中度、重度和极重度骨髓性放射病,分别对应的剂量为 1~2Gy(戈瑞)、2~2.5Gy、2.5~5.5Gy 和 5.5Gy 以上,当受到更高剂量照射后,例如 6.5Gy,人员在 2h 内生理功能即受到损伤,当剂量高达 80Gy 时人员立即死亡。

中子弹主要靠早期核辐射杀伤人员,特别是坦克内人员。通常用坦克内人员受 6.5Gy 和 80Gy 剂量照射的杀伤半径来比较中子弹与原子弹的核辐射杀伤力。如果威力是 1 000t 的中子弹对坦克内人员的杀伤半径为 690m(80Gy)、1 100m(6.5Gy),和 10 000t 原子弹的核辐射杀伤半径相同。而同威力即 1 000t 原子弹的杀伤半径仅为 360m。可见中子弹在战场上是杀伤人员的重要战术核武器。但是若与冲击波破坏建筑物的半径来比较,则原子弹的破坏要比中子弹大得多。

随着高新技术的发展,由半导体做成的微电子器件,由微电子器件组成的电子系统越来越多,这些系统例如电脑及配件等对核辐射十分敏感。中子和 γ 射线与材料的相互作用主要有两类,一部分能量使材料内部电离,一部分能量使材料的原子核发生位移。这两种作用可能改变电子系统原来的正常工作状态,使之受到干扰。或者因电离在某些部位产生瞬时大电流烧毁该部位的电子器件,或产生强电场,击

高空核爆炸时所产生的核电磁脉冲覆盖地球表面的范围更广,达数千公里以上。

穿介质造成电子器件永久损伤。敏感的电子器件在受到100Gy以上剂量照射时就有可能受到损伤。

对于新技术武器,军用卫星,C⁴I(指挥、通信、保障、电脑、信息)系统都面临核辐射破坏效应的潜在威胁。因此,发展在核环境下保证电子系统正常工作的一系列的加固技术,成为一门专门学科——核辐射加固技术,并且日益受到人们的重视。

核爆炸电磁脉冲是由 γ 射线与空气分子相互作用产生的电子流所激励的电磁波。它仅占核爆炸能量十万分之几,但在距爆心数公里范围内,电场强度高达每米百万伏,磁场高达每米上千安培,而且频率范围很宽。这样强的电磁脉冲虽然只在不到1s时间内起作用,但对电磁敏感的电磁系统也会构成威胁,造成干扰,严重时甚至会烧毁系统内电子器件。电磁干扰或损伤的事例在核试验现场是时有发生。

高空核爆炸时所产生的核电磁脉冲覆盖地球表面的范围更广,达数千公里以上。因此战时高空核爆炸可能对大范围城市的供电系统、通信系统等造成干扰或破坏。例如美国1958年8月12日一次百万吨TNT当量高空核试验,使距爆心1400km处的防盗系统出现错误动作,并使输电网跳闸。

核爆炸所产生的中子、 γ 射线、 β 粒子和裂变碎片最终都能引起大气电离,形成空中的电离区,它会影响短波电波的传播,从而干扰、甚至中断短波通信。例如美国1962年7月9日的一次高空核试验时,使得美国核试验站的无线电通信中断约20min。

核武器是有多种杀伤破坏因素的武器。

核爆炸的综合杀伤破坏半径

核武器是有多种杀伤破坏因素的武器,它对人员的瞬时杀伤因素为:冲击波、光辐射和早期核辐射,此外还要考虑间接杀伤。对物体的瞬时破坏因素为冲击波、光辐射,对电子系统还要考虑核辐射和电磁脉冲。因此,一般情况下人员遭到多种因素杀伤。对单个物体主要是冲击波破坏,而光辐射引起的城市火灾是更大的灾难。

为了看出核武器的杀伤破坏范围和安全范围,用人员的中度伤情和物体的中度破坏半径来表示,其中又以杀伤范围最大的那个因素的作用半径来表示综合杀伤破坏半径。威力为 2×10^4 t TNT 当量空中爆炸各个因素的杀伤破坏半径和综合杀伤破坏半径列在表 2.3 中,表中还列出了造成中度伤情和中等破坏的各因素数值。

表 2.3 地面目标中等杀伤破坏半径及安全边界

(2×10^4 t TNT 当量空中爆炸,天气条件为晴朗)

| 目标 | 杀伤破坏因素 | 中等杀伤破坏因素参数值 | 杀伤破坏半径 /m | 安全边界 /m |
|----|--------|-------------------------|-----------|---------|
| 人员 | 冲击波 | 59kPa | 1 100 | |
| | 光辐射 | 70J/cm ² | 1 500 | |
| | 早期核辐射 | 2Gy | 1 300 | |
| | 综合杀伤 | | 1 500 | |
| | 安全边界 | 光辐射 12J/cm ² | | 4 000 |
| 民房 | 冲击波 | 18kPa | 2 200 | |

放射性沾染是指核爆炸后形成的放射性物质对地表和物体的沾污,以及对空气的放射性污染。

核爆炸的安全边界主要指人员在此边界之外不受伤害,可以人为规定。在战争条件下的规定可能要严一些,例如取轻度伤半径作为安全边界。在核试验现场,为了确保人员不受到任何伤害特制定了一些安全标准。例如光辐射规定光冲量 $12\text{J}/\text{cm}^2$ 作为安全标准,人受到这样光冲量照射时,其感觉类似脸部在短时间内被灼热火炉烤了一下,但不会造成任何伤害。由此安全标准定下的安全边界,对于威力为 $2 \times 10^4\text{t}$ TNT 当量爆炸,天气晴朗时,安全边界约距爆心投影点 4km 。

当然,这里所讲的杀伤破坏半径不包括光辐射对人员眼底烧伤和闪光盲,因为只要人眼不直视火球就可以避免眼睛受到伤害。

2.5 持久杀伤因数——放射性沾染

放射性沾染是指核爆炸后形成的放射性物质对地表和物体的沾污,以及对空气的放射性污染。放射性沾染的主要来源有三种:

一是核爆炸产生的裂变产物。核爆炸过程中,原子核可以按约四十种方式分裂,产生近百种不同碎片。这些碎片中大部分是放射性同位素,在衰变过程中发射出 γ 射线或 β 粒子。裂变产物是放射性沾染的主要来源。

二是爆区土壤和其他物体在爆炸瞬间释放出来的中子作用下产生的放射性同位素,称为感生放射性。感生放射性的强度,取决于爆炸产生的中子所能涉及的范围内土壤中易

放射性是原子核自行转化的能力,通常称为放射性衰变。

被活化的元素含量,以及能量较低的中子数目。土壤和海水中较易被中子活化的元素有铝、锰、钠、铁、镁、铜等。

三是未裂变的核武器装料(铀或钚等)。它也是放射性污染的一种主要来源。核武器装料在爆炸过程中仅有小部分装料参与裂变,参与裂变的数量与原来的总量之比,称为损耗系数,又称为燃烧份额。在核武器发展初期,燃烧份额是很低的,仅为10%~20%,大部分装料未起作用,成为发射 α 粒子和低能 γ 射线的放射性物质。

地爆时,放射性污染的来源主要是前面两种。空爆时的来源主要是感生放射性,而放射性烟云中较大的颗粒造成下风区域地面的放射性污染极其轻微。

放射性是原子核自行转化(通常称为放射性衰变或蜕变)的能力。因此,放射性物质的放射性强弱是以单位时间内发生的放射性衰变数目来表示的,其单位为居里(Ci),国际制单位为贝柯(Bq)。1Ci是指每秒发生 3.7×10^{10} 次衰变的放射性强度。每秒发生一次衰变的放射性强度为1Bq。显然,

$$1\text{Ci} = 3.7 \times 10^{10} \text{Bq}$$

$$1\text{Bq} = 2.703 \times 10^{-11} \text{Ci}$$

放射性污染的程度用某一个爆后时刻单位时间内的照射量来表示,通常用爆后1h的剂量率即辐射级(单位为Gy/h)来度量,习惯上用(伦/时),国际制单位为C/(kg·h)。

$$1\text{R/h} = 2.58 \times 10^{-4} \text{C}/(\text{kg} \cdot \text{h})$$

$$1\text{C}/(\text{kg} \cdot \text{h}) = 3.876 \times 10^3 \text{R/h}$$

1Gy在数值上近似地等于100R。在战时是以爆后1h,

放射性沾染对人员的伤害有三种方式。

0.5R/h 的辐射级作为沾染边界的。

放射性沾染对人员的伤害与瞬时杀伤因素的不同点是：

地爆时，伤害的作用时间长、范围广，作用途径多样；

空爆时，只在爆区产生轻微的感生放射性，它的危害与冲击波、光辐射和早期核辐射相比较可以忽略。日本广岛、长崎遭核袭击后的放射性沾染属此种情况。

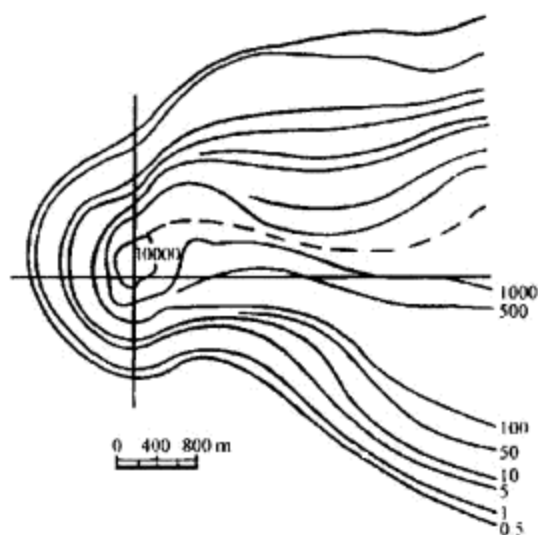
放射性沾染对人员的伤害有三种方式： γ 射线的外照射； β 粒子对皮肤的烧伤；食入或吸入放射性沾染过的食物和放射性污染的空气所致的内照射。三种方式中， γ 射线的外照射是主要的，其危害症状和早期核辐射一样。放射性颗粒沉降到皮肤造成皮肤烧伤，以及低空爆炸时严重的空气放射性污染引起的内照射，也是不可忽视的。

核爆炸形成的爆区和云迹区

地爆和空中核爆炸会形成放射性沾染，根据放射性沾染区形成的不同，可分为爆区沾染区（简称爆区）和云迹区沾染区（简称云迹区）两种。

地爆时的爆区，是指被冲击波抛在爆点附近几百米范围内的大量放射性熔渣，和早期从烟云中降至地面的较大的放射性颗粒，以及爆炸产生的感生放射性等形成的放射性沾染区。爆区是地爆时沾染最严重的区域。万吨级当量爆炸时，爆心爆后 1h 的剂量率可达 $100\sim 500\text{Gy/h}$ 。但爆区范围不大，十万吨级当量上风方向仅为 2km 左右，成半圆形（见图 2.17），下风方向和云迹区沾染区相连。

地爆时的云迹区是指放射性烟云在飘移过程中从烟云中降至地面的放射性颗粒所造成的地面沾染区。



此图是爆炸当量为 $1.0 \times 10^4 \text{t}$ 地爆时的爆区沾染图, 剂量率单位为 R/h 。图的左边是爆点的上风方向, 沾染图形基本上是半圆形。范围约为 1km , 右边是下风方向, 与云迹沾染区相连。

图 2.17 爆后 1h 爆区沾染图

空爆时的爆区, 是指爆炸产生的中子引起的地表土壤的感生放射性区域, 这个区域沾染较为轻微。火球不接触地面的空爆, 爆心投影点在爆后 1h 的剂量率小于 0.1Gy/h 。等剂量率线基本上是以爆心投影点为圆心的同心圆。例如一次 3 万多吨的低空爆炸, 爆后 1h 的剂量率 (Gy/h) 随距爆心投影点向外延伸半径的变化如表 2.4 所示。

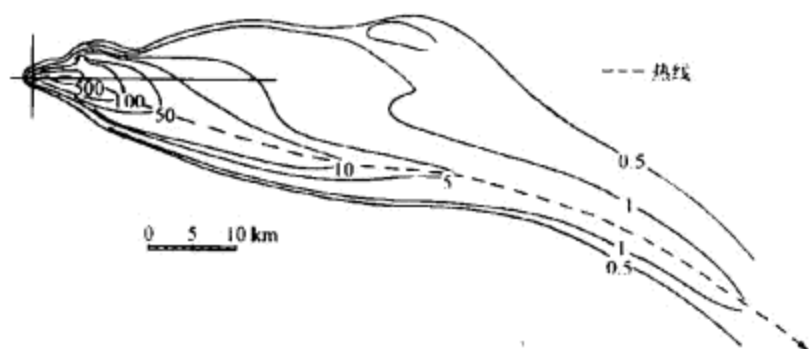
地爆时的云迹区, 是指放射性烟云在飘移过程中从烟云中降至地面的放射性颗粒所造成的地面沾染区。因此, 云迹区的延伸方向就是地面至烟云中心高度合成风的方向。当垂直于延伸方向横穿云迹区时, 会发现该区域内有一沾染最严重的区域, 一般称为“热区”。同时, 横风向的剂量率分布

沾染程度不仅和爆炸当量、爆炸高度有关,而且和地面至稳定烟云底部高度的风场有密切关系。

是不一样的,中间剂量率高于两边。将所有距爆心不同距离的横风向的最高剂量率点连成线,则称这连线为云迹区的“热线”,如图 2.18 所示。显然,热线穿过热区。

表 2.4 低空爆时爆区爆后 1h 剂量率与半径的关系

| 距爆心投影点 半径/m | 爆后 1h 剂量率/ $\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}$ | 距爆心投影点 半径/m | 爆后 1h 剂量率/ $\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}$ |
|----------------|---|----------------|---|
| 0 | 7.3×10^{-2} | 500 | 7.6×10^{-3} |
| 100 | 6×10^{-2} | 1 000 | 6×10^{-4} |
| 300 | 2.5×10^{-2} | 1 400 | 5×10^{-5} |



图中虚线是云迹区的热线,垂直于热线两边的剂量率都低于热线上的值。热线上方的等值线比下方的等值线稀疏,是由于低层风向很不一致引起的。热线走向表示了合成风的风向。

图 2.18 爆后 1h 云迹区沾染图

(地爆,风速:26km/h,剂量率单位:R/h)

云迹区沾染严重,是下风方向防放射性沾染中重点考虑的区域。沾染程度不仅和爆炸当量、爆炸高度有关,而且和地面至稳定烟云底部高度的风场有密切关系。风速大时,沾染距离远。不同高度上的风向差异,将烟云扯向不同方向,

当放射性烟云飘至降雨区域时,雨滴会冲刷放射性粒子,加重了该区域的放射性沾染。

从而影响沾染区的宽度。差异大时,宽度大些。当放射性烟云飘至降雨区域时,雨滴会冲刷放射性粒子,加重了该区域的放射性沾染。表 2.5 给出了 $1 \times 10^3 \text{ t}$ TNT 爆炸当量,在不同风速和爆炸方式时云迹区热线上爆后 1h 的剂量率。

表 2.5 不同风速和爆炸方式时云迹区热线上爆后 1h 的剂量率(Gy/h)

| 风速/ $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ | 距离/km | 低空爆 | 地爆 |
|-------------------------------------|-------|--------|--------|
| 25 | 2 | 15.8 | 162 |
| | 10 | 1.11 | 4.53 |
| | 50 | 0.08 | 0.13 |
| | 100 | 0.025 | 0.028 |
| | 400 | 0.0025 | 0.0013 |
| 50 | 2 | 5.4 | 58.1 |
| | 10 | 0.56 | 2.8 |
| | 50 | 0.06 | 1.38 |
| | 100 | 0.023 | 0.038 |
| | 400 | 0.0033 | 0.0028 |

为了对云迹区沾染范围有一个定量的了解,下表给出了万吨级地爆,合成风速为 20 km/h ,且风向差异不大时的沾染面积。

表 2.6 万吨级地爆云迹区范围(风速 20 km/h)

| 爆后 1h 剂量率/ $\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}$ | 10 | 5 | 1 | 0.1 | 0.01 | 5×10^{-3} | 1×10^{-3} |
|--|-----|-----|-----|-----|-------|--------------------|--------------------|
| 沾染区远边界/km | 5 | 6 | 15 | 43 | 90 | 150 | 370 |
| 最大沾染宽度/km | 1.0 | 1.5 | 4.0 | 8.0 | 15 | 20 | 60 |
| 沾染面积/ km^2 | 4.0 | 7.0 | 30 | 220 | 1 200 | 2 000 | 15 000 |

地面放射性沾染的强度随时间不断地减弱。

放射性沾染的衰减

地面放射性沾染的强度随时间不断地减弱。地爆爆区和云迹区剂量率的衰减，一般服从“六倍规律”，即爆后时间每增加6倍，剂量率下降到原来的1/10。例如，如果将爆后1h的剂量率作为参考值，那么在爆后6h剂量率将减少到原来的1/10，在 $6 \times 6 = 36$ h后，剂量率为原来的1/100，以此类推。爆后 t 时刻的剂量率 P_t (Gy/h)可用下式求取：

$$P_t = P_1 t^{-1.25}$$

P_1 是爆后1h的剂量率，称为“参考剂量率”。引入参考剂量率这一概念，为放射性沾染的计算和比较带来了方便。因为云迹区是逐步形成的，只有当放射性微粒飘移并降至某处时，才会形成放射性沾染。这样，离爆心投影点不同距离的地区，出现沾染的时间是不同的。何况放射性沾染会随着时间的增加而减少，这样就难于描述整个云迹区的沾染情况。而引进参考剂量率后，把时间定为爆后1h，便给出了一个比较的标准，并由上述的公式($P_t = P_1 t^{-1.25}$)可以计算到达剂量率和任何时刻的剂量率。

图2.18中的1R/h线，已伸延到82km左右，根据图中说明的风速为26km/h，显然放射性粒子达到82km处需要3.2h左右，爆后1h该处还没有放射性粒子，即还没有受到沾染。但爆后1h的1R/h线已画到该处了，只能表明在现在的气象条件下该处将受到沾染，沾染程度如果按放射性衰减规律回推到爆后1h应为1R/h。实际上，82km处的到达(开

地爆云迹区对人员的危害是不可忽视的,特别是在大当量的情况下,更应引起重视。

始出现沾染)剂量率应为 $0.23R/h$ 。

由于放射性沾染会随时间衰减,所以,停留于云迹区某固定点的人员,在不同时段内所受的总辐射量是不同的。如果云迹区某固定点沾染开始时刻用 t_0 表示,那么从 t_1 ($t_1 \geq t_0$) 时刻到 t_2 时刻所受的辐射剂量值 D_t (称为累积剂量) 是上式对时间的积分值。

$$D_t = 4P_1(t^{1-0.25} - t_0^{1-0.25})$$

如果人员一直停留于云迹区内,即 $t_2 \rightarrow \infty$, 那么,其累积的剂量(称为无穷剂量) D_∞ 为:

$$D_\infty = 4P_0 t_0$$

P_0 是 t_0 时刻的剂量率,称为到达剂量率。显然 $P_0 = P_1 t_0^{1.25}$ 。

地爆云迹区对人员的危害是不可忽视的,特别是在大当量的情况下,更应引起重视。美国于 1954 年 3 月在太平洋的比基尼珊瑚岛上进行了一次 $15 \times 10^6 t$ 的地面爆炸,造成爆区和下风方向的严重沾染。在爆后 4 天内累积达 3Gy 以上的云迹区远边界约为 360km,宽度约为 80km,总面积约为 $2.3 \times 10^4 km^2$ 。在下风方向距爆心 145m 处有一日本“富隆丸”号渔船,船上共 23 人,爆后 3h 左右开始受到白色的放射性物质照射,直到爆后 14 天才离开,估计他们受到了 2.7~4.4Gy 的外照射。距爆心 160km 左右的马绍尔群岛上的居民也受到了不同程度的危害(见表 2.7)。这些日本渔民和岛上居民都发生了中、重度急性放射病,其中一名日本渔民死亡。

放射性沾染对人员的危害,还可以造成皮肤的烧伤和内照射危害。

表 2.7 美国在比基尔岛核试验后云迹区内人员受污染情况

| 地点 | 距爆心 /km | 受照 人数 /个 | 烟云 到达 时间 /爆后 h | 人员 撤离 时间 /爆后 h | 外照 射量 /Gy | 估计体内 沾染量 /mCi |
|--------|------------|----------------|-------------------------|-------------------------|-----------------|---------------------|
| 朗格拉普岛 | 169 | 64 | 4~6 | 50 | 1.75 | 3 |
| 艾林克埃岛 | 161 | 18 | 4~6 | 58 | 0.69 | 1.5 |
| 朗格里克岛 | 242 | 28 | 6.8 | 28~34 | 0.78 | 0.75 |
| 乌提里克岛 | 497 | 157 | 22 | 55~78 | 0.11 | — |
| 海上日本渔船 | 145 | 23 | 3.4 | 336 | 2.7~4.4 | 1.5~12.5 |

前面已提到,放射性沾染对人员的危害,除了 γ 射线的外照射与早期核辐射造成人员的放射性病一样外,还可以造成皮肤的烧伤和内照射危害。这主要是由于放射性沾染是由微小的放射性物质造成的。当放射性微粒直接落到人体裸露的皮肤上时, β 粒子会对皮肤造成 β 烧伤。马绍尔群岛中三个岛屿人员皮肤损伤情况如表 2.8 所示。

表 2.8 马绍尔群岛受污染人员皮肤损伤情况

| 地点 | 皮肤损伤 发生率 /% | 脱发 发生率 /% | 脱发发生 的潜伏 期/d | 溃疡 发生率 /% |
|-------|-------------------|-----------------|--------------------|-----------------|
| 朗格拉普岛 | 90 | 56.2 | 16 | 20 |
| 艾林克埃岛 | 90 | 16.7 | 27 | 5 |
| 朗格里克岛 | 40 | 3.5 | 42 | 0 |

上面三个岛屿人员皮肤损伤发生率程度的顺序,和三个

干燥、松散、植被较差的表面和容易引起上升气流的地貌以及人员、车辆活动频繁的地区,都有可能加重云迹区的空气污染程度。

岛屿各自距热线的距离由近到远的顺序相一致的。

空气放射性污染

放射性微粒对大气造成的污染,会通过呼吸系统引起人员的内照射危害。空气污染程度是用单位体积空气中所含的放射性量来表示的,称为空气放射性浓度,单位为 Bq/l。

近地面空气的污染程度,与受爆炸方式、气象条件以及周围环境有关。

地面爆炸时,爆区和近爆点的云迹区的空气污染要比空爆时大一些。无论何种爆炸方式,爆后近地面空气浓度最大值一般不超过 1 000Bq/l。

风速对空气污染浓度影响很大,大风时可造成扬尘,将沉淀于地面的放射性微粒再次搅起,加重空气污染。12m/s 的风速引起的扬尘可使空气放射性浓度增加 100 ~ 1 000 倍。

周围环境是指地表土壤松散程度、地貌以及人员的活动等情况。干燥、松散、植被较差的表面和容易引起上升气流的地貌以及人员、车辆活动频繁的地区,都有可能加重云迹区的空气污染程度。

地爆时的云迹区空气污染浓度与地面沾染的剂量率是有关联的。一般是剂量率 $P(\text{Gy/h})$ 高的地区,空气污染浓度 $C(\text{Bq/l})$ 也大。 C/P 的取值范围在 $10^2 \sim 10^4$ 之间。这样,若知道了地面的剂量率 P ,便可大致估计出当地的空气放射性浓度。

核爆炸蘑菇状烟云由各种大小的放射性粒子组成。

放射性沾染造成人员内照射的另一个值得注意的问题，是放射性对粮秣、水源的污染。地爆区和云迹区，由于放射性颗粒较大，比放射性（粒子放射性量与粒子重量的比值）也较大，爆后 1h 可达 10^{10} Bq/g。因此，当这些颗粒落到露天放置的粮食、蔬菜和水源时，会对这些物品造成污染，一般表层沾染程度可达 $10^5 \sim 10^6$ Bq/g。

核爆炸引起的远区和全球范围的放射性污染

核爆炸蘑菇状烟云由各种大小的放射性粒子组成。地爆时由于有大量地表物体被汽化后凝结混在其中，因此形成的粒子较大，平均直径在几百微米至一毫米量之间；空爆时形成的粒子较小，一般直径在几十微米以下。这些粒子在随风漂移过程中，较大的粒子在本身重力和下沉气流作用下降至离爆点较近的地区，形成近区放射性沾染；中等大小粒子会飘至更远的地区降落，形成所谓的远期沉降（一般指数百公里以外几千公里以内地区的沉降）；更小的几个微米以下的粒子由于其重力下降速度很慢而长时间飘浮于高空中，在强劲的西风作用下环绕北半球运行，经过几周甚至数月、数年才降至地面，形成全球放射性污染。

造成远区和全球放射性污染的范围和程度，除了与爆炸地点所处的经、纬度（主要是纬度）、爆炸方式、爆炸威力等有关外，还与爆炸时刻的大气流场，爆后烟云所经路径地区的高空风场和局部地区的气象条件有关。

全球放射性污染的范围，可以根据实际测量结果和分析

放射性烟云造成全球污染的范围一般在 15 个纬度范围内。

来确定,主要是定出不同时刻的烟云位置和宽度。由于高空气流较为平直,放射性烟云造成全球污染的范围一般在 15 个纬度范围内(一个纬度约 110km)。例如,发生在北纬 40 度纬圈上的空中爆炸,其污染范围在 $32.5^{\circ}\text{N} \sim 47.5^{\circ}\text{N}$ 之间。

北半球实施的核爆炸,其烟云一般仅限于绕北半球运行。由于烟云所处高度不同,因此风速也有差异,围绕半球运行一周的时间会有所差别。当烟云处于 12km 高度左右时,绕北半球运行一周约需 14 天。如果烟云约在 16km 高度时,由于该高度一般处于西风急流之上,风速小些,烟云运行一周约需 20 天。如果烟云处于 20km 以上的平流层中时,由于风速更小,运行一周需一个月左右。

全球放射性污染的程度,通常用烟云 β 浓度和地表污染密度来表示。

烟云 β 浓度是指烟云单位体积内所含裂变产物的 β 放射性,用 Bq/l(贝柯/升)表示,习惯上仍用专用单位 Ci/l(居里/升)表示。

地表污染密度是指被污染地区地表面单位面积上的放射性强度,通常用 $\text{mCi}/(\text{d} \cdot \text{km}^2)$ 来表示。

由于爆炸产生的总 β 放射性和烟云总体积与爆炸的威力有关,因此,无论爆炸威力多大,烟云中爆后 1h 的平均放射性浓度基本上是一定值,约在 $2 \times 10^{-5} \text{Ci/l}$ 。

烟云在大气中运行时,由于大气扩散、风向的不一致以及放射性粒子本身的衰减作用,烟云中的平均放射性浓度随时间是很快减小的。表 2.9 给出了烟云浓度与时间的关系。

近地空气放射性浓度随时间的变化而变化。

表 2.9 烟云放射性浓度与时间的关系

| 爆后时间/h | 浓度/ $\text{Ci} \cdot \text{l}^{-1}$ | 爆后时间/h | 浓度/ $\text{Ci} \cdot \text{l}^{-1}$ |
|--------|-------------------------------------|--------|-------------------------------------|
| 1 | 2.4×10^{-5} | 48 | 4.5×10^{-12} |
| 5 | 3.8×10^{-8} | 72 | 8.9×10^{-13} |
| 12 | 1.2×10^{-9} | 96 | 2.8×10^{-13} |
| 24 | 7.2×10^{-11} | | |

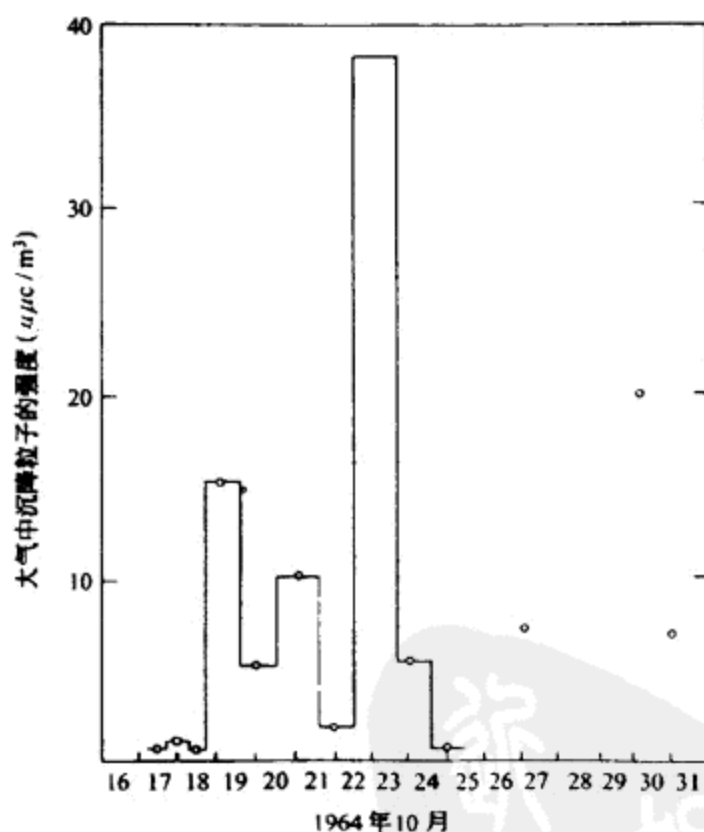


图 2.19 近地面空气放射性浓度随时间的变化(1964年10月)

烟云环绕全球运行时,微小的放射性粒子会因降水现象和大范围的气流垂直运动,降至近地面空气层,引起近地面

放射性粒子污染空气的同时,部分粒子也会降至地面,增加了所经地区地表面的放射性沉降量。

空气的放射性污染。图 2.19 是我国首次核试验后,日本地区近地面大气中放射性浓度逐日变化的情况。可以认为,爆后第三天(18 日深夜)放射性粒子开始到达该地区,22 日至 23 日达到高峰,其后空气浓度逐渐降低。

放射性粒子污染空气的同时,部分粒子也会降至地面,增加了所经地区地表面的放射性沉降量。下图是我国 1967 年 12 月 24 日一次空爆试验后,引起德国南部某城市地面放射性沉降量的逐日变化情况。

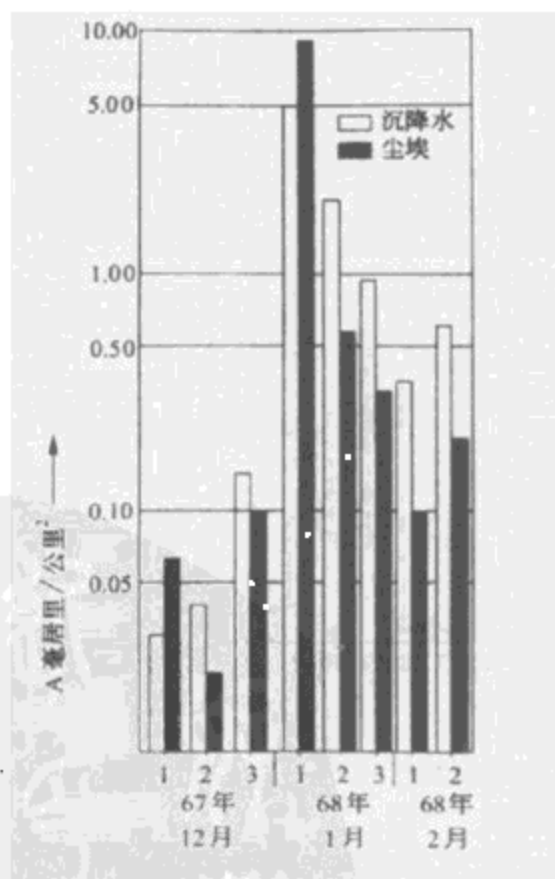


图 2.20 地面放射性沾染密度随时间的变化

中国某地进行的空爆试验后,可引起德国南部某城市地面放射性沉降量的变化。

从图可知,该地区十天的沉降量本底小于 $0.1\text{mCi}/(\text{d} \cdot \text{km}^2)$ 。最初发现是在 1968 年 1 月,特别是在 1 月上旬,放射性沉降大大增加,高于本底 100 倍左右,然后下降,但高于本底值仍可持续一段时间。

3

第二次世界大战期间 美国对日本广岛和 长崎的核袭击

出生于 30 年代以前的人们也许还记得,1945 年庆祝第二次世界大战胜利时,总是有人扮装成美国兵扛着原子弹模型出现在游行队伍中,似乎在告诉人们第二次世界大战离不开核武器。许多人也是这样认为的。但是究竟是什么力量获得此次胜利,拯救了全世界的人们,第二次世界大战反法西斯战争的历史已经作了明确的回答。但当时欢庆游行队伍中出现原子弹模型的现象,也从一个侧面反映了核武器当时在全世界人民心目中的地位。

第二次世界大战后期,美国在日本投下了两颗原子弹,开创了核武器用于战争

第二次世界大战中,假如希特勒德国拥有核武器,那么,世界必将被法西斯横行更长时间。

的历史,也拉开了世界各国核军备竞争的序幕。

半个世纪过去了,各国核军备竞赛也随着历史的步伐,在加剧一缓和的多次循环中进行着。一、二个核大国的核垄断早已被打破,拥有核武器的国家达到了可以互相抗衡的阶段。核武器力量间的互相制约,使得有核国家在核武器的使用上明智起来了。谁都知道自己的轻举妄动会招来一身祸。第二次世界大战中,假如希特勒德国拥有核武器,那么,世界必将被法西斯横行更长时间,但法西斯德国终究会失败的。

3.1 希特勒德国为什么没有制造出原子弹

翻开揭示原子核神秘面纱的历史,人们可以发现在这无声无息的科研进程中,德国科学家作出了杰出的贡献。首先是著名的化学家克拉普洛特于1789年在世界上首次发现了被称为“核工业的主角”的铀元素。经过一百多年后,又是德国的物理学家伦琴于1895年发现了X射线。直到1938年,还是德国的化学家奥托·哈恩和弗里茨·施特拉斯曼发现了铀核裂变现象,揭开了铀裂变时可以释放出巨大能量的秘密。在这使世界一步一步进入新的历史时代的变革中,德国科学家作出了突出的成绩,表明了第二次世界大战以前德国是现代物理学的发祥地之一。它拥有庞大的核物理研究机构和一批世界上最优秀的科学家,在原子弹基础理论研究方面也领先于世界各国。它不但具有获得研制原子弹的重要核材料的工业实力,而且有诺贝尔物理奖得主纳·海森伯格主持尖端技术的开发研究工作。这些科学家掌握了分裂原

希特勒推行的是种族灭绝政策。使得德国失去了大量的有才干的物理学家。

子核的最基本方法，并且只需将在实验室中所取得的铀核裂变获得巨大能量的成果转为实际应用，便可制成威力无比的原子弹。然而，具有如此优越条件和拥有当时世界上出类拔萃人才的希特勒德国，并没有制造出核武器，其原因主要是政治方面的，当然也有技术上的原因。

在政治上，希特勒推行的是种族灭绝政策。他对犹太人进行疯狂的迫害，使得德国失去了大量的有才干的物理学家。在这政策驱使下，2 000 多名欧洲著名的科学家和工程师逃离德国、逃出欧洲而流落美国。其中，世界知名的就有爱因斯坦、丹麦理论物理学家玻尔、意大利实验核物理学家费密、奥地利物理学家奥托·弗里施、英国物理学家克劳斯·富克斯、匈牙利物理学家爱德华·特勒、列奥·西拉德和维梅纳，以及乌克兰科学家基斯佳科夫斯基等等。希特勒政权残酷迫害进步人士和犹太人，许多科学家被杀害，大批优秀科学家失去工作条件而被迫四处逃亡，这种政策的结果，必然导致政治上的不义，在道义上丧失人心，使希特勒德国很快失去了人才优势，也就失去了科学技术上的优势。

在军事上，希特勒被其闪电式战术在欧洲战场上所取得的暂时胜利冲昏了头脑，以为只用当时他们拥有的武器，就能取得战争的胜利。因此，希特勒对耗资巨大的原子弹研制不但不给予有力的支持，反而在 1942 年间签署了一项法令，明确地禁止进行一切不能在战争期间为军事服务的科学研究工作。这样，就完全排除了花费巨资制造原子弹的可能性。直到第二次世界大战后期，他们才开始对原子弹研究发生了兴趣，虽然加速了原子弹的研制速度，并取得了一定的

即使在德国,从事原子研究工作的科学家也不希望纳粹德国获得成功。

进展,但这一切已经不能挽救他们的灭亡了。

在道义上,人心的向背也起到了阻止希特勒制造原子弹的作用。即使在德国,从事原子研究工作的科学家也不希望纳粹德国获得成功。他们未采取任何措施来克服各种障碍,以加速制造原子弹的进程。这些科学家中包括了主持原子弹研制工作,被科学界骂为纳粹物理学家的海森伯格。这些科学家中的一部分阻挠德国研制原子弹,或采取消极怠工的办法。德国宣战后,有许多科学家应征入伍,而反对现制度的另一些人,例如发现裂变的哈恩,则避免继续从事铀的研究工作。他没有出席 1939 年 4 月 30 日在柏林召集的有 6 位德国原子科学家参加的会议。其原因表面上说他是化学家而不是物理学家,而真正的原因是他不是纳粹主义的拥护者。他曾说过“我对你们物理学家们,唯一的希望是任何时候也不要制造铀弹,如果有那么一天,希特勒得到了这类武器,我一定自杀。”二次世界大战胜利后,英国情报人员曾拘禁了海森伯格、哈恩等三位诺贝尔奖金获得者在内的十位德国科学家。从拘禁的房间里,情报人员曾窃听到海森伯格向哈恩介绍了制造原子弹具体细节。他讲述了一个直径 54cm、重约 1t 的球状铀-235 如何利用“极快的中子”维持链式反应,并产生 10^{24} 个中子。他还说,如果铀-235 材料外面包有一种“反射器”的话,那么有 250kg 的铀-235 就能通过两小块铀-235 压到一起的方法起爆并控制起爆时间。从这些细节可以判断,这些德国科学家们的确已掌握了原子弹的主要原理,但他们未向希特勒建议,也没有积极推动原子弹研究工作的发展。

盟军方面千方百计地对纳粹德国可能研制原子弹所需要的设施、战略物资实施毁灭性的打击。

在技术上,纳粹德国缺乏进行这种复杂研制工作的实验室设备。盟军方面千方百计地对纳粹德国可能研制原子弹所需要的设施、战略物资实施毁灭性的打击,用空袭和组织地面特工分队的方法,彻底摧毁了德国控制的重水生产厂和销毁德国已夺取到的重水。例如,1943年2月英国成功地组织了对德国人控制的重水生产厂的袭击,使德国约500kg的重水经下水道流到河里。同年11月一支由美国飞行联队140架飞机组成的“空中堡垒”又空袭该重水厂,并彻底摧毁了其供电系统。1944年2月美国和英国又组织了几十人参加的特工分队,一举炸掉了德国装有500kg重水的装置。无疑地,这些摧毁行动对希特勒研制原子弹的计划也是一个沉重的打击。

最后一点是由于纳粹德国当局对此研究工作不但不给予重视,而且到了敌视的程度。只有少数几个科学家向希特勒提出过合作的建议,而大多数科学家不支持他们的国家把科学研究用在战争上。因此,德国当时没有一个强有力的全面指导该研究工作的机构,缺乏统一的目标和各有关单位间的协作,对可利用的各种可能性都未曾系统地全面地研究过。

综合以上原因,使得纳粹德国在第二次世界大战期间的核能研究工作,逐渐地由优势走向劣势,没有超出实验室研究阶段,因此未能制造出原子弹是必然的。

1941年底美国总统批准了一个制造原子弹的庞大工程“曼哈顿工程”。从此加速了进行原子弹的研制工作。

3.2 美国向日本投掷原子弹的背景和准备

希特勒德国的民族主义,迫使大量从事核物理研究的科学家云集于美国,这就为美国研制原子弹在技术上奠定了雄厚的基础;在国际环境方面,当时战事不在美国本土进行,美国就利用这一有利时机,加紧了原子弹的研制工作。1941年底美国总统批准了一个制造原子弹的庞大工程“曼哈顿工程”。从此加速了进行原子弹的研制工作。直到1945年初,美国共动用了15万人,耗资20亿美元研制了三颗原子弹。该时期已是第二次世界大战的后期,德国于1945年5月无条件投降。根据苏、美、英三国首脑于1945年2月在克里米亚会议上签订的雅尔塔协定规定苏联即将对日宣战,况且太平洋战争将要结束,这时的日本已经极度虚弱。在这个时候,美国急忙向日本投掷两颗原子弹,是有政治、军事和核武器研究方面的目的的。

美国向日本投掷原子弹的目的

第二次世界大战后期,美国向日本投掷原子弹的目的主要有三个方面:

第一,美国在日本已处于全面崩溃的局面下,想利用原子弹这个巨大的杀伤武器在日本本土的爆炸,迫使日本在苏联参战前投降,企图在世界上造成日本投降是由于美国两颗原子弹袭击的结果,以谋求对苏联的优势,从而达到独占日

美国向日本投掷原子弹,其目的是多方面的。

本的目的。

第二,日本经历了太平洋战争和东南亚战争,特别是中途岛海战后,直到1945年上半年,日本海军已消耗殆尽。但日本早有在本土决战的准备,因此,在其本土仍留有陆军200~300万人和自杀式飞机(飞机式炸弹)6000~9000架。美国对这一情况是十分清楚的,因此他们认为,尽管战败日本指日可待,但登陆日本本土作战,势必造成美军的重大伤亡,也有可能拖延日本投降的时间。为了使日本人丧失抵抗的意志,迫使日本在美军登陆前就投降,也为了避免由于登陆作战可能造成的50万美军人员的伤亡,美国决定对日本本土实施原子弹袭击。

第三,当时只有美国掌握了制造原子弹的技术,并已制造了可供战时使用的原子弹。他们除了想利用原子弹袭击日本城市的破坏效果,渲染核武器的威力,显示美国的实力地位外,还想通过战争时期的实际应用,来提高核武器的性能,并且作为战后划分势力范围的筹码,进而对世界人民进行核讹诈。

美国袭击部队的组建和训练

为了达到上述目的,美国在加快制造原子弹的同时,还一方面抓紧突击部队的组建和训练,另一方面抓紧原子弹的效应试验。

美国在研究、制造原子弹的后期,于1944年12月就组建了一个由B-29中队、航空勤务大队、运输机中队、特种军

人们根本不会想到核突击的预谋在秘密地进行着，一场毁灭性的灾难将要降临。

械中队、陆军技术派遣队(由科学家和技术人员组成)和宪兵连组成的特种部队，取名为第 509 混合大队。该大队共有军官 225 人，士兵 1 542 人，并有 15 架弹仓和投弹装备经改装后的 B-29 轰炸机。

509 大队是执行特种任务的部队，成员是经过严格挑选的。他们的活动也是在极其保密的情况下进行的。训练先是在沙漠里的犹他州的温德欧费，后来为了适应实战环境，1945 年 5 月训练基地移至太平洋上的提尼安岛的北机场。提尼安离东京约为 2 300 公里，是确定为原子弹袭击日本的海外作战基地。

核突击队组建后即投入紧张的训练工作，大致可分为三个阶段。第一阶段从组建到 1945 年 6 月份，主要是技术训练阶段，内容有高空目视雷达投弹、远程海上航行，同时对模拟弹进行弹道试验等。第二阶段从 1945 年 6 月 30 日开始，主要是训练领航、飞行、投弹轰炸。第三阶段是进行实战锻炼。为了使飞行员熟练轰炸战术和熟悉预定轰炸目标的地形，经常使用与投原子弹诸单元相同的普通炸弹对日本轰炸。同时为了麻痹日本人，使日本人对高空飞行的 B-29 轰炸机小编队司空见惯，509 混合大队规定，只允许轰炸和原子突击目标相邻与附近的城市，而不轰炸预定的核突击目标，目的是给预定核突击目标的人们有一种安全感。人们根本不会想到核突击的预谋在秘密地进行着，一场毁灭性的灾难将要降临。这样的飞行反复地进行练习着，直到 7 月 29 日 509 大队投掷原子弹的一切准备就绪。

考虑到原子弹具有巨大的冲击波和燃烧破坏力,美国经过反复选择终于决定了袭击目标。

袭击目标的选择

美国在确定战争后期使用原子弹后,接着的问题是选择爆炸的目标。考虑到原子弹具有巨大的冲击波和燃烧破坏力,充分地显示它的杀伤作用和政治上的需要,其袭击的目标应具备以下条件:一是应为易受冲击波和光辐射破坏的密集建筑物地区,这个区域应在所预定的破坏范围内;二是该目标具有重大的军事和战略意义;三是在战争中未遭轰炸的目标,以充分显示武器的破坏效果。根据以上条件,当时确定了日本的广岛、新潟、小仓和京都。由于京都是日本的故城,具有重大的历史和文化意义,因此,将京都改为长崎。最后确定的第一个目标是广岛,第二个是小仓,第三个是长崎。

广岛是日本的一个很重要的城市,人口30万以上,军事工业密集。日本陆军总部就设在这里,有25 000名警卫人员保护着它。它是日本本州、九州和四国三个岛屿之间的位于本州的重要海港,所有从本州到九州、四国的供应和运输都要经过这里。广岛在当时还是日本众多城市中除京都外未遭过空袭的最大城市,许多中小工厂甚至几乎所有的家庭中都在进行军事生产,无疑它极符合选择目标的条件。

小仓是日本最大的兵工厂之一,它有大批机器厂、零件制造厂、发电厂等,并得到各种普通公用事业的支持。因此它可以生产各种各样武器和军事设施。对它进行核袭击,主要从军事角度出发,可以大大减弱日本对前线的支持作用。

长崎是位于九州岛中部西海岸的重要港口,是日本最大

1945年8月6日9点15分,人类第一次遭受原子弹袭击。

的船舶制造和修配中心,是海军设备的重要基地。对它袭击的主要目标是城内港口的设备。

3.3 人类第一次遭受原子弹袭击

日本广岛、长崎遭核袭击后的概况

袭击广岛用的是可以机载的枪式铀材料的原子弹,代号为 MKI,名叫“小男孩”。它于 1945 年 8 月 6 日 9 点 15 分从 9.5km 高度投向广岛,爆高为 550m 左右,爆炸威力约为 15kt,属空中爆炸。爆炸 50s,飞机先后受到直接冲击波和地面反射冲击波的冲击,形成的烟云在爆后 5min 时直径约 4.8km,顶高达 10km 左右,爆后广岛的建筑物破坏和人员伤亡情况如表 3.1、表 3.2 所示。

表 3.1 广岛建筑物破坏情况

| 爆炸前 建筑物数目 | 烧毁 /% | 全部破坏 /% | 严重破坏 /% | 总计 /% |
|--------------|----------|------------|------------|----------|
| 76 327 | 62.9 | 5.0 | 24.0 | 91.9 |

表 3.2 广岛人员伤亡情况

| 范围/km | 总人口 | 人口密度/个·km ⁻² | 死亡人数 | 受伤人数 |
|-----------|---------|-------------------------|--------|--------|
| 0~0.96 | 31 200 | 10 780 | 26 700 | 3 000 |
| 0.96~2.56 | 144 800 | 8 184 | 39 600 | 53 000 |
| 2.56~4.96 | 80 300 | 1 416 | 1 700 | 20 000 |
| 总数 | 256 300 | 3 316 | 68 000 | 76 000 |

由于长崎位于山谷之间,地形不好,山谷纵横,飞机在投弹后受到的冲击波达五次之多。

袭击长崎用的是代号为 MK-Ⅲ型,名字叫“胖子”的内爆武器,所用的核材料是钚,袭击时间是 1945 年 8 月 9 日。继广岛袭击后三天即实施第二次轰炸,目的是使日本来不及扭转惊慌失措的局面。这次袭击原定的目标主要是小仓,其次是长崎。为了实现轰炸小仓的目的,规定载弹飞机必须尽可能靠近该目标,以便在肯定无法进行目视轰炸的时候,再飞到第二个目标。当轰炸机飞到小仓时,为了实现目视轰炸,花了近 45min 飞越该城市上空三次,终因天气原因无法实现目视轰炸而改飞长崎。到达长崎上空时,飞行员发现低层云雾也很大,目视轰炸条件不比小仓好。然而,由于油料不足而不能再返飞小仓,只好拟用雷达轰炸,但最后飞行员利用云雾中的一个空隙,还是采用了目视轰炸,结果未投中原来的目标,而是投到原目标点以北 2.5km 处。

此次轰炸的钚弹是从 8 700m 高空投下的,爆炸高度约 500m,威力约为 2.2×10^4 t,仍是属于空中爆炸。由于长崎位于山谷之间,地形不好,山谷纵横。因此,爆后投弹飞机受到直接和地面反射冲击波的五次冲击。爆炸对建筑物破坏和人员的损伤也不如广岛严重。长崎遭袭击后的建筑物破坏和人员损伤情况如表 3.3 和表 3.4。

表 3.3 长崎建筑物破坏情况

| 爆炸前建筑物数目 | 烧毁/% | 全部破坏 /% | 严重破损 /% | 总计 /% |
|----------|------|------------|------------|----------|
| 51 000 | 22.7 | 2.6 | 10.8 | 36.1 |

原子弹具有巨大的杀伤力,它的出现是科学进步的结果,它的存在对世界和平和人类的生存是严重的潜在的威胁。

表 3.4 长崎人员伤亡情况

| 范围/km | 总人口 | 人口密度 /个·km ⁻² | 死亡人数 | 受伤人数 |
|-----------|---------|-----------------------------|--------|--------|
| 0~0.96 | 30 900 | 10 670 | 27 200 | 1 900 |
| 0.96~2.56 | 27 700 | 1 565 | 9 500 | 8 100 |
| 2.56~4.96 | 115 200 | 2 032 | 1 300 | 11 000 |
| 总数 | 173 800 | 2 249 | 38 000 | 21 000 |

表中的统计数字是根据爆后现场调查资料综合分析得到的,只限于每个城市中受影响区域内的市民,不包括军事人员。这主要是由于战争期间的动乱状态,具体数字难于估计。广岛爆后第二天所拍的照片表明,该城市50%的建筑物完全被炸毁,60%的城区遭到破坏,被摧毁的地区达4.4km²。日本当局当时估计死亡和失踪达71 000人,受伤68 000人,长崎遭袭击后,根据爆后一周所拍的照片表明,该城市44%的区域被炸毁,严重破坏区域南北长3.7km,东西宽3km左右,死亡3.5万人,受伤6万人左右。

纵观各种有关日本遭原子弹袭击后的破坏损伤的描述,可以得出这样的结论:原子弹具有巨大的杀伤力,它的出现是科学进步的结果,它的存在对世界和平和人类的生存是严重的潜在的威胁。拥有核武器的国家,都以此作为提高本国政治、军事、经济等方面在世界上的地位的重要手段,构成对别国的威慑作用。我国于20世纪50年代末60年代初,在原苏联撤走专家、撕毁协议、逼迫还债和国内受自然灾害的极端困难的条件下提出发展核武器的战略决策,目的也在

核爆炸产生的光辐射,是引起物质烧毁和人员热损伤的主要原因。

此。当然,我国发展核武器完全是为了自卫,这是我国社会制度决定的。

核武器具有巨大的杀伤破坏力,这是不容置疑的。在第二次世界大战反法西斯战争即将取得胜利的时候,美国使用了两颗原子弹,客观上对日本法西斯起到了威慑作用,进一步瓦解了他们的斗志,使他们完全处于绝望的地位。

广岛、长崎城市火灾概况

核爆炸产生的光辐射,是引起物质烧毁和人员热损伤的主要原因。在低空爆炸情况下,用于发热、发光的能量,占爆炸总能量的35%左右。

核爆炸引起的燃烧效应,原则上与常规武器和普通的烈性炸药爆炸引起的燃烧效应没有本质的区别。唯一不同之处是,在常规炸药武器爆炸的情况下,燃烧效应不仅其威力小得多,而且温度也低得多,以热辐射形式出现的能量比例要比核武器小得多。因此,一般常规武器比核武器造成的燃烧范围小得多。

众所周知,要使某种物体点燃,必须使物体接收到使它能起火的光冲量,即所谓的燃烧阈值。光冲量超过阈值时,该物体即可燃烧。如同一个人进入一个房间时,当他迈过门槛时则认为进入该室了。燃烧阈值就相当于门槛。毫无疑问,不同物体的燃烧阈值是不同的。由于物体接受核爆炸的热辐射是累积过程,燃烧阈值和核爆炸后火球单位时间内释放出来的热量有关。也就是说,要使一个物体接受同样的热

爆炸威力越大,燃烧阈值越大。

辐射,当核爆炸的威力越大时,单位面积所需接受的总热量也愈大(即光冲量值愈大)。这是因为当量越大时,火球发光时间越长,热能的发射要经过较长的时间。表 3.5 给出城市中几种容易引起火灾的物质的燃烧阈值。

表 3.5 物质的燃烧阈值 ($\text{J} \cdot \text{cm}^{-2}$)

| 物质 | | 旧报纸 | 汽车 坐垫 | 汽车 坐垫 | 干草 | 朽木料 | 窗帘 (绿色) |
|----------|---------------------------|------|----------|----------|------|------|------------|
| 爆炸 威力 | $2 \times 10^4 \text{ t}$ | 16.7 | 21.0 | 33.5 | 29.3 | 50.2 | 21.0 |
| | $1 \times 10^7 \text{ t}$ | 33.0 | 33.5 | 54.4 | 67.0 | | 46.0 |

表中数据说明爆炸威力越大,燃烧阈值越大。

广岛和长崎是日本的中等城市。如前面所叙述的那样,这两个城市在战时起不同的作用。广岛是军事指挥中心,日本战时的中国战区司令部便设在这里。长崎是一个军港。虽然担负的任务不同,但作为一个城市,仍然具有普通城市的特点:建筑物成群,人口集中,完备的公用设施,必要的交通等等。暴露于外面的各种交通工具和易燃物质,建筑物内部的物品、装饰物等,都是核袭击城市后引起火灾的重要起火源。

引起城市火灾的原因,一是一些易燃物质,诸如纸张、窗帘、凉篷、木屑等,吸收热辐射后直接引燃;二是一些物质被冲击波破坏后引起的间接后果。例如,使正在燃烧的器具翻倒,电线短路,燃气管道破裂等。

影响城市火灾的因素主要是建筑物内可燃物及其所接

火灾烧毁地区是以爆心投影点为圆形区域,此区域内所有易燃物都被烧毁了。

受的光冲量。除爆炸当量、爆高和云、雾降水等气象条件外,可燃物体本身的易燃烧,在房内的数量、分布等,也影响了城市发生火灾的可能性。另外,城市所在的地理环境,城市内部的建筑物分布、排列,输电线路、燃气管道的布局,甚至城市中的绿化状况等,都将影响城市的火灾。

· 广岛火灾概况

袭击广岛的爆炸威力是 1.5×10^4 t TNT 当量,爆高为 550m 左右。广岛遭袭击后半小时更进一步地形成了灾难性的火爆。在爆心投影点附近,地表温度达到 $3\ 000^\circ\text{C} \sim 4\ 000^\circ\text{C}$,随着距离的增加地表温度迅速下降,但在 1 200m 距离上,仍可高达 $1\ 600^\circ\text{C}$ 。距离投影点 1.8km 的地方,烧毁的房屋可达 52%,2.4km 处仍达 5%,被火灾严重损坏的总面积大约为 12km^2 。

广岛遭袭击前 20 多天未下雨,房屋干燥极易着火,且地形平坦。在离爆心投影点 2000 米的范围内,建筑物密集,公用设施中的电、燃气管道和交通线路四通八达。因此,在遭袭击 20 分钟后,发生了“火灾暴风雨”。这是由于燃烧区域内热空气上升,使风从各个方向吹向城内的燃烧区域造成的。爆后 2~3h,最大风速达 $50 \sim 60\text{km/h}$,爆后 6h 风速才减到中等,风向也发生了变化。伴随大风出现了间断的降雨,市中心雨量较小,在市西北角 $1\text{km} \sim 1.5\text{km}$ 出现大雨。由于风向从四周聚向市中心,因此广岛火灾的暴风雨限制了火灾蔓延,使火灾局限于最初的燃烧地区。火灾烧毁地区几乎是一个以爆心投影点为圆心的圆形区域,在此区域内的所有易燃物质实际上都被烧毁了。

火灾蔓延是指起火以后,由于其他原因而使火灾范围逐步扩大的现象。

• 长崎火灾概况

袭击长崎的爆炸威力为 $2.2 \times 10^4 \text{t}$, 爆高约为 500m。长崎的火灾远比广岛轻,被大火严重损坏的面积仅是广岛的四分之一左右,约 3km^2 。离爆心投影点 1.8km 处,烧毁房屋 42% 左右。其后没有出现“火灾暴风雨”现象。爆后两小时小山之间吹起的西南风风速高达 56km/h ,但它是吹向无物可烧的山谷方向。何况长崎每一条狭长山谷之间虽有暴露的少数住宅,但它们分散且无足够的可燃物质足以使“火灾暴风雨”发生。

袭击两城市的爆炸高度相差不大,而用于长崎的爆炸威力要比广岛大。为什么长崎的火灾毁伤程度反而小得多呢?这主要是由于长崎城市地处海港,城市建筑大部分建于狭长的峡谷中,地形不规则,加上当天的气象条件和爆炸中心偏差原来地点,实际爆点下方附近为丘陵地带,建筑较少的的原因。

城市火灾的蔓延

城市火灾中值得关注的现象是火灾的蔓延。火灾蔓延是指起火以后,由于其他原因而使火灾范围逐步扩大的现象。火灾形成后的蔓延有三种形式:

第一种是建筑物之间的蔓延,这是火灾蔓延的最直接形式。在相邻的建筑物间,特别是在建筑物群里,这种蔓延形式非常危险,它主要是顺着风向“对流”蔓延;

第二种是热辐射蔓延。它主要是火灾现场邻近的未被

影响火灾蔓延的最主要因素是建筑物之间的距离。一般建筑物密度愈小,火灾从一个建筑物蔓延到另一个建筑物的可能性就愈小。

点燃的物体,由于受火灾的热辐射作用,当热量累积到一定程度时被点燃而形成的火灾。建筑物相隔 10m 时,如果不及及时灭火,可能有 50% 的概率引起相邻建筑物起火;

第三种是火把引起的火灾,它是远距离的火灾蔓延现象。它是指火灾区内正燃烧的物体,由于一些自然现象,例如大风或垂直气流的作用,被迁移到火灾区外而形成新的火灾。这种蔓延在大风的情况下,危险性更大,其蔓延距离可达 500m 以上。

城市火灾蔓延极其复杂,受气候、地形,以及建筑物的密度和易燃程度等因素的影响。日本广岛由于火灾暴风雨的形成而限制了火灾的蔓延。长崎因地形原因也避免了火灾的蔓延,从而减轻了这两个城市的火灾危害。

影响火灾蔓延的最主要因素是建筑物之间的距离。一般建筑物密度愈小,火灾从一个建筑物蔓延到另一个建筑物的可能性就愈小。何况,建筑物之间的距离越大,火灾被扑灭的可能性就越大。

核战争中,攻击一方袭击敌方城市,造成城市重大火灾,除了在军事上、经济上使敌方受到打击外,还可在政治上造成恐慌、涣散人心的作用,从心理上打垮敌人。从防御一方来说,要考虑到遭核打击后,如何减小火灾造成的破坏程度,这除了采取必要的措施外,对城市火灾预先作些估计也是不可少的。

核爆炸引起的城市火灾是极其复杂的,难于给出准确的预测,只能根据爆炸威力和爆炸高度,核武器在日本的实际应用中得到的资料,以及核试验现场的效应试验结果综合分

城市是一个国家或地区的政治、经济、文化、交通的中心,历来是战争中首先攻击的目标。

析研究来预测。威力为 $2 \times 10^4 \text{t}$ 的空中爆炸下,城市中的建筑物被燃烧完 80%、50% 和 10% 时的距离,分别为 1.1, 1.4 和 1.7km 左右。

3.4 广岛、长崎遭核袭击后建筑物的破坏

核爆炸冲击波是如何破坏建筑物的

城市是一个国家或地区的政治、经济、文化、交通的中心,历来是战争中首先攻击的目标。城市建筑的破坏是衡量城市破坏程度的重要指标之一。

城市可以根据其职能和规模来分类。城市职能是指它在政治、经济、军事和交通运输等方面的作用,可分为综合性城市、商业、工业、交通枢纽或港口城市等。城市的规模是以城市人口的多少来划分的,一般分为特大、大、中、小等,范围依自己的具体情况作出区分。不同类型和规模的城市,其建筑物的结构有些差别。例如,工业城市大范围的厂房结构多些;商业城市中多层的大厦楼房多些;港口城市中,港口设施更为突出等。但不论何种类型和规模的城市,其基本构造是相同的,因此,讨论城市建筑破坏时,只能从一些普通建筑物出发去考虑。

核武器对城市建筑物的破坏,主要是依靠冲击波和光辐射。冲击波的超压可以挤压建筑物;动压可以使建筑物抛掷、平移等,从而破坏建筑物;光辐射主要是引起建筑物的燃

当冲击波把建筑物包围时,建筑物各个面承受大致相同的压力。压力随时间逐渐下降,但仍比周围大气压力高,而且持续到正相作用时间为止。

烧或火灾。

冲击波对建筑物破坏的大致过程为:冲击波到达建筑物的表面后,首先受到表面的反射,该反射压力比原来的压力增加几倍,对建筑物有明显的破坏作用;然后冲击沿建筑物四周传播的同时,对侧面、顶部和后面施加压力,使建筑物陷入冲击波的包围和高压之中,并一直作用到压缩区结束为止,使建筑物压垮;与此同时,随冲击波而来的动压,加重了建筑物上已受到破坏部分的破坏程度,并造成新的破坏,并有可能将建筑物中受损的部分抛射出去。

当冲击波还没有把建筑物包围之前(特别是较大的物体),正面和背面的压力差使建筑物向着冲击波前进的方向偏斜或者挪动而遭到破坏。

当冲击波把建筑物包围时(见图 3.1),建筑物各个面承受大致相同的压力。压力随时间逐渐下降,但仍比周围大气压力高,而且持续到正相作用时间为止。在这段时间里,建筑物受到超压四面八方的“挤压”作用而塌陷变形,遭到破坏。这种挤压作用是超压破坏作用的主要特点。



图 3.1 冲击波超压的破坏原理示意图

动压使建筑物变形、抛掷或发生平移而破坏建筑物。

在正相作用时间里,动压一直向着冲击波前进的方向作用。动压使建筑物变形、抛掷或发生平移而破坏建筑物(见图 3.2)。

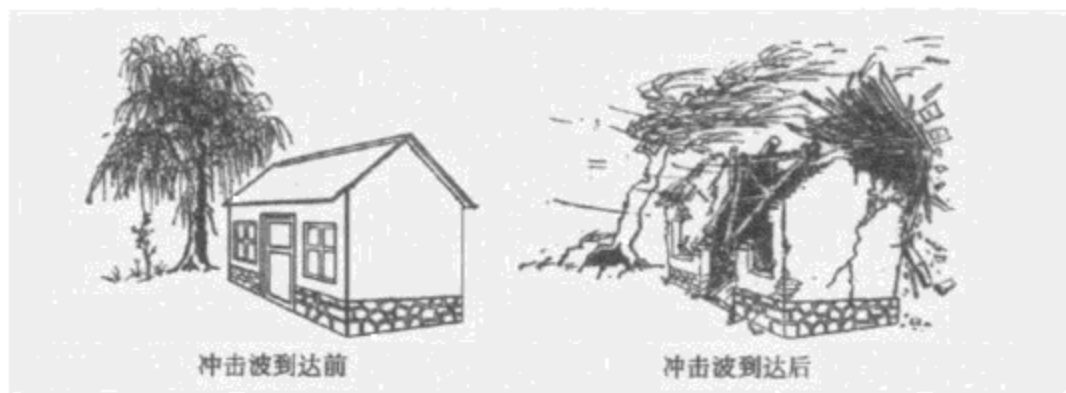


图 3.2 冲击波动压的破坏原理示意图

冲击波负压有抽吸作用,使目标受到与超压作用方向相反的作用力,容易使那些耐压而不耐拉的物体(如工事的防护门、防护盖板等)遭到破坏。

光辐射对建筑物的破坏,主要是以热辐射形式引起建筑物表面或内部可燃物质的燃烧。

建筑物破坏等级的划分和需要的压力

城市建筑物的破坏一般分为三个等级,即轻微破坏、中等破坏和严重破坏。每个等级的破坏特征描绘如表 3.6 所示。

随着时代的发展,城市现代化程度越来越高,因而城市建筑密度越来越大,高层建筑越来越多,与城市建筑相配套

建筑物破坏等级的划分。

表 3.6 城市建筑物破坏等级的划分标准

| 破坏等级 | 划分原则 | 主要破坏特征 |
|------|-------------|---|
| 轻微破坏 | 基本不影响使用 | 门窗、瓦屋面等薄弱部位有损坏,主要承重结构个别部位出现裂缝,基本不影响使用。 |
| 中等破坏 | 影响使用 | 部分主要承重结构出现较严重的裂缝或变形,不作重大修复,不能有效使用。 |
| 严重破坏 | 不能使用且失去修复价值 | 建筑物倒塌或虽未倒塌,但主要承重结构大部分出现严重裂缝或变形,基本上不能使用。 |

的其他建筑设施也越来越完善。这些建筑设施的破坏也是遭核袭击的城市必须注意的重要方面。表 3.7 给出了一些主要建筑物不同破坏等级下的超压值。

表 3.7 城市中主要建筑物的破坏等级超压值(kPa)

| 建筑物名称 | 轻微破坏 | 中等破坏 | 严重破坏 |
|------------------|------|-------|-------|
| 低层混合结构 | 5.9 | 17.6 | 39.2 |
| 单层厂房 | 5.9 | 11.8 | 24.5 |
| 单层砖木结构 | 5.9 | 8.8 | 14.7 |
| 金属结构房屋 | 19.6 | 29.4 | 49.0 |
| 层数不多的砖房 | 14.7 | 24.5 | 34.3 |
| 4~10层钢筋混凝土建筑 | 4.9 | 17.6 | 38.0 |
| 10层以上钢筋混凝土建筑 | 3.9 | 13.7 | 38.2 |
| 金属结构桥(桥墩 30~45m) | 98.0 | 147.0 | 196.0 |
| 钢筋水泥桥(墩距 25m) | 98.0 | 117.6 | 147.0 |
| 3~6层博物馆型建筑 | 8.8 | 34.3 | 65.7 |
| 热电站 | 20.0 | 50.0 | 100.0 |
| 地表水厂 | 20.0 | 30.0 | 40.0 |

冲击波会对建筑物造成直接或间接的破坏。

广岛、长崎建筑物破坏概况

对日本遭袭击地区的调查表明,小型砖石建筑可被冲击波卷走,并全部倒塌,一些住宅被冲击波毁坏,随后又被火燃烧,钢筋结构的工业建筑物的屋顶和墙壁被掀掉,只剩下歪歪扭扭的钢架。在爆炸点附近,除了一些钢筋水泥建筑物外,几乎一切东西都被摧毁,电线杆从地面拔起,电线被扯断。许多离爆点较远看来是安全的建筑物,经过仔细观察后发现内部均被毁坏,并被大火掠夺一空。这可能是冲击波的间接作用和热辐射点燃的结果。冲击波对所有建筑物破坏后还将产生大量由砖块(及其他石块)、玻璃、金属片和木块等组成的“飞片”。这些“飞片”也会对建筑物和其他设施造成严重的间接破坏,在轻度破坏区造成人员伤亡。此外,大量的瓦砾会造成道路的堵塞,引起救护和救火的困难。图 3.3 是广岛核爆炸后的瓦砾堆景象。

广岛的调查材料还表明,在爆心投影点 2km 以内的建筑物破坏达 99%。广岛爆后形成的“火灾暴风雨”,虽然限制了火灾的蔓延和向外扩展,但加重了燃烧范围内的火灾。

长崎的爆心不是原来的预计中心。长崎地处丘陵地带,市区建筑沿河流的狭长地带而建。分散的建筑物,没有构成“火灾暴风雨”的条件,因而未形成“火灾暴风雨”。建筑物因遭火灾而破坏的程度,比广岛小得多。长崎遭袭击后,距爆心 2.24km 以内的住宅全部倒塌,此处超压峰值 21kPa 左右,距离 2.55km 以内的结构遭到严重破坏,2.7km 以外的

遭受核袭击的城市变成了一片废墟。



图 3.3 广岛被核袭击后的瓦砾堆

屋顶,墙板以及室内隔墙板遭轻微破坏。

两城市建筑物破坏情况如表 3.8 所示。

表 3.8 广岛、长崎建筑物破坏情况

| 城市 | 爆炸前建筑物数目 | 烧毁 /% | 全部破坏 /% | 严重破坏 /% | 总计 /% |
|----|----------|----------|------------|------------|----------|
| 广岛 | 76 327 | 62.9 | 5.0 | 24.0 | 91.9 |
| 长崎 | 51 000 | 22.7 | 2.6 | 10.8 | 36.1 |

广岛、长崎城市不同距离上建筑物受冲击波破坏的大致情况统计如表 3.9 所示。

• 住宅建筑破坏

广岛、长崎属于日本的中型城市,住宅建筑大多采用木架土坯结构,这些房屋虽然构架的工艺质量很高,但抗震能力较差。因此,这些建筑不能抵抗冲击波冲击。图 3.4 是广

木架建筑物受核袭击后严重受损。

岛爆炸离爆心投影点 1.6km 处的木架建筑,虽然未被燃烧,但已严重倾斜,处于严重破坏状态。

表 3.9 广岛、长崎不同距离上建筑物受冲击波破坏概况

| 至爆心 投影点 距离/km | 冲击波 超压峰 值/kPa | 最大 风速 $/\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ | 破坏程度 |
|---------------------|---------------------|---|--------------------|
| 0.5 | 186.2 | 280 | 坚固的钢架结构全部破坏 |
| 0.8 | 127.4 | 200 | 除防震设计外的钢筋混凝土结构全部破坏 |
| 1.8 | 29.4 | 72 | 严重破坏 |
| 2.6 | 15.7 | 36 | 中等程度破坏,木结构全部破坏 |
| 3.2 | 11.8 | 28 | 木结构破坏,但可修复 |
| 15.0 | | | 窗玻璃破碎 |



图 3.4 广岛木架建筑核袭击后严重倾斜(离爆心投影点 1600m)

• 商业和行政部门的建筑物破坏

城市中的银行、机关办公大楼、医院、旅馆都属于商业和行政部门的建筑物,其结构一般比普通住房和工业建筑坚

在离爆心投影点较远处,冲击波水平方向的分力,是造成建筑物破坏的主要原因。

固些。

多层钢筋混凝土建筑

日本曾于1923年遭受过严重地震,其后规定新的大型建筑的高度不得超过100m,且能防止地震的破坏。广岛有许多按这要求而设计的多层钢筋混凝土构件的建筑,长崎少些。此类建筑由于其结构坚固,遭核袭击后,外部很少被破坏,大部分是由于冲击波破坏窗户而引起楼内燃烧,破坏也是相当严重的。图3.5是离爆心投影点190m处一幢按抗地震要求设计、结构非常坚固的建筑。可以看出外部墙壁无多大破坏,但屋顶凹陷,房内被火燃烧严重。屋顶凹陷是由于爆心投影点附近,冲击波垂直分量大于远距离上的值造成的。在离爆心投影点较远处,冲击波水平方向的分力,是造成建筑物破坏的主要原因。图3.6是长崎离爆心投影点640m处的建筑,迎着冲击波的一面被破坏的情况。



左边图中钢筋混凝土建筑虽然建筑外部墙壁未被破坏,但窗户上的防火网被冲击波刮到里面;右图是同一建筑内部烧毁情况(离广岛爆心投影点190m)。

图 3.5 钢筋混凝土耐震建筑破坏情况

除了建筑物屋顶平板倒塌和墙壁的横向位移之外,还可以发生房梁弯曲、碎裂、支柱倒塌和地板塌陷的情况。



图 3.6 建筑物朝爆炸点一面水平受力被破坏情况
(离长崎爆心投影点 640m)

除了建筑物屋顶平板倒塌和墙壁的横向位移之外,还可以发生房梁弯曲、碎裂、支柱倒塌和地板塌陷的情况,图 3.7 是广岛距离爆心投影点为 160m 处钢筋混凝土建筑房顶及地板塌陷情况。

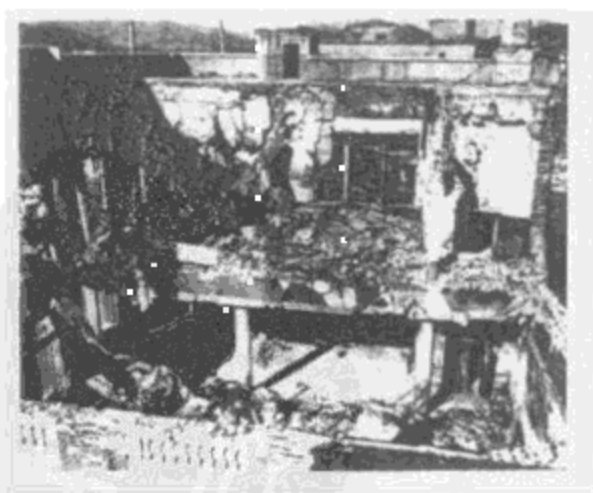
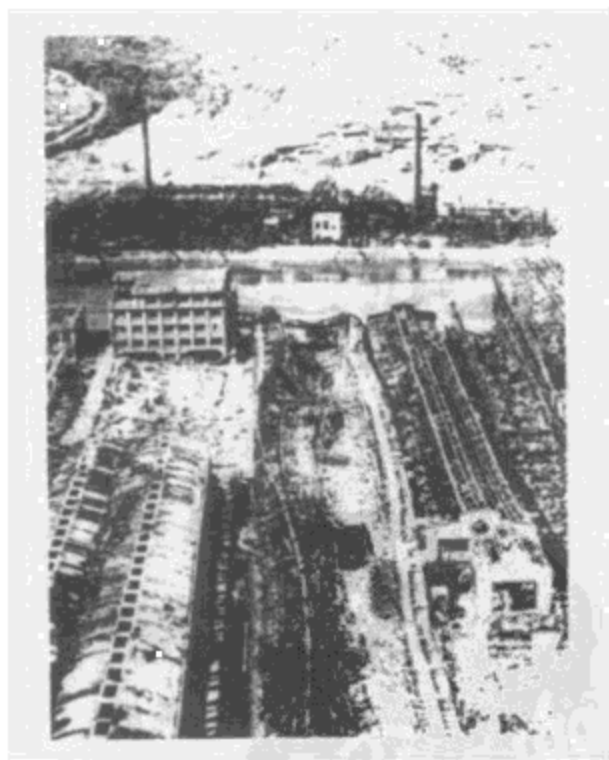


图 3.7 钢筋混凝土建筑房顶及地板塌陷的情况
(离广岛爆心投影点 160m)

钢架结构的建筑物一样无法抵御冲击波。

• 多层钢架建筑

长崎市离爆心投影点 1 360m 有一幢五层楼的多层钢架建筑,这个建筑物中不属于重型结构的部分是它屋顶。该屋顶采用特别轻的钢桁架支撑的约 10cm 厚的钢筋混凝土板。屋顶向下凹陷 1m 左右,是这建筑中唯一重大破坏处。如图 3.8 所示。但相同距离上的钢筋混凝土建筑也没有受到破坏,因此,无法肯定这两种建筑中,哪一种有较大的抗冲击波能力。



图中央左后方是一栋钢构架的多层楼建筑,10cm 厚的钢筋混凝土房顶板向下塌陷 1m 左右(离长崎爆心投影点 1360m)。

图 3.8 钢构架的多层楼建筑破坏情况

某些采用木桁架支撑屋顶的工业建筑物,更容易受到冲击波的破坏或被火烧毁。

• 工业建筑

日本当时大部分工业建筑的构架是钢筋的,但屋顶和墙壁是普通类型的波形金属板材或石棉混凝土造成的。长崎的这种工业建筑在离爆心投影点约 1 800m 受到严重破坏。其中稍近一点的被完全推倒,比较远些的一般顺着冲击波方向倾斜,见图 3.9。房顶桁架由于建筑物面向爆炸点的墙壁受到横向冲击波的压挤而弯曲。火灾也可以对没有防护的钢铁组件造成严重破坏,钢架严重扭曲。某些采用木桁架支撑屋顶的工业建筑物,更容易受到冲击波的破坏或被火烧毁。屋顶和墙壁倒塌造成的砖瓦碎片,木桁架的失火,也会使建筑内的机器设备遭到间接破坏。



单层轻型钢架建筑部分受冲击波破坏,由于随后起火而进一步塌垮(离广岛爆心投影点 1 280m)。

图 3.9 单层轻型钢架建筑破坏情况

广岛和长崎遭到核袭击后的事实证明,烟囱,特别是用钢筋混凝土造的烟囱具有很强的抗冲击能力。这是由于它的形状使它仅承受动压的作用。图 3.10 是长崎距离爆心投影点 810m 处受到严重破坏的工业区内的烟囱没有倒塌的情况。但若烟囱重量较轻,难以抵抗压力挤压的情况下,也

钢筋混凝土造的烟囱具有强的抗冲击波能力。

会受到严重破坏。如图 3.11 所示。

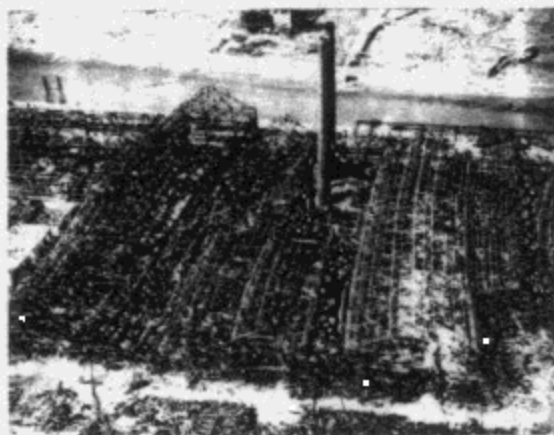


图 3.10 离长崎爆心投影点 810m 的工业区受到严重破坏，但工厂的烟囱仍然矗立



图 3.11 离广岛爆心投影点 540m，高约 20m 的圆形钢筋混凝土烟囱，由于重量较轻，在离地面约 5m 处被冲击波折断

核爆炸对人员损伤按其杀伤破坏因素的不同作用可以分为四类。冲击伤、烧伤、核辐射伤和复合伤。

3.5 广岛、长崎遭核袭击后人员的伤情和后果

核爆炸对人员的杀伤

核爆炸产生的杀伤破坏因素中,除了核电磁脉冲对人员的损伤不是很直观外,其余四种因素对人员都有杀伤作用,只是其杀伤机理有些差异。冲击波以其强大的超压和动压,直接与间接地对人员产生损伤。光辐射以其强烈的闪光和较长时间热辐射作用,造成人员的直接烧伤或引起火灾对人员间接烧伤。早期核辐射中的中子、 γ 射线等,和核爆炸中产生的放射性物质中的 γ 射线和 β 粒子,更以它们区别于常规武器的特殊形式,不可捉摸地伤害着人员的机体。

虽然核爆炸的各种杀伤破坏因素对人员都有危害作用,但同一次攻击后的各自损伤作用是不一样的。这主要取决于该次攻击所采用核武器威力和爆炸方式。一般说来,空中爆炸时,强烈的光辐射和冲击波比早期核辐射对室外人员和工事内的人员有很大的杀伤作用。地面爆炸时,光辐射、冲击波对人员的杀伤范围要比空爆时的小,威力小时早期核辐射的杀伤作用突出,特别是放射性沾染,不仅成为近期人员伤亡的重要因素,而且将长期地损害人员的机体。

核爆炸对人员损伤按其杀伤破坏因素的不同作用可以分为四类。冲击波、光辐射和核辐射单一因素导致人员的伤害,各自称为冲击伤、烧伤和核辐射伤。两种或两种以上的

冲击伤是由冲击波引起的损伤,它可以分为直接冲击伤和间接冲击伤两种。

杀伤因素,同时或相继作用于人体而造成的伤害,称为复合损伤。复合伤可分为放冲(核辐射和冲击波同时损伤)复合伤和烧冲(光辐射与冲击波同时损伤)复合伤等。各种损伤的伤情和症状,虽然有很大的差别,但从日本广岛、长崎遭核袭击后人员伤亡的分析中,往往难于加以区别,室外人员的伤情大部分是复合伤。根据国内、外大量生物的核爆炸效应试验也可以得出,室外人员的复合伤在空爆时占总伤情的30%~50%,地爆时占60%~80%。复合伤不仅可以加重单一损伤,而且在医疗上也会造成麻烦,因此,它是核武器致使人员伤亡的主要伤情。

人员杀伤等级的划分及其损伤值

· 冲击伤

冲击伤是由冲击波引起的损伤,它可以分为直接冲击伤和间接冲击伤两种。

直接冲击伤是由冲击波直接作用人的机体,引起有机组织结构或体内各种器官的正常结构破坏或功能紊乱的损伤,临床表现有一定症状或体征。冲击波的超压和动压是直接冲击伤的罪魁祸首。人体内较易受超压损伤的是耳鼓膜、肺、胃、肠道和心血管等;动压的损伤主要以气浪撞击和抛掷人体,使人体跌落地面或冲撞到坚硬物体上引起的损伤。核爆炸引起的动压直接与超压有关。但是,讨论冲击伤时,往往仅以超压作为唯一杀伤参数。

间接冲击伤是指冲击波非直接作用于人体,而是通过其

冲击伤的伤情分级主要依据受伤部位和症状,分为轻度、中度、重度和极重度四级。

他媒介间接地作用于机体引起的损伤。间接冲击伤最明显的现象是建筑物倒塌的砸伤,飞石、玻璃碎片以及砂粒等的打击造成的损伤。间接冲击伤是城市遭核袭击后造成人员伤亡的重要方式。

冲击伤的伤情分级主要依据受伤部位和症状,分为轻度、中度、重度和极重度四级。

轻度冲击伤包括听器官的一般损伤,即鼓膜穿孔、破裂、少量出血、体表擦伤。临床上常见有暂时性耳鸣和听力减退,头昏、头痛、有紧张感等。通常不需要特殊治疗。

中度冲击伤的主要表现是,听觉器官的严重损伤,如鼓膜破裂同时伴有听骨骨折,鼓室出血,大片软组织挫伤,内脏斑块性出血,轻度肺水肿,脑震荡等。中度冲击伤的伤员有较明显的全身或局部症状,如耳痛、耳鸣、听力减退、轻度肺出血、胸痛、胸闷、短时间不省人事等,需住院治疗。

重度冲击伤主要伤势有:肝脾、胃肠、膀胱破裂,骨折(股骨、脊柱、颅底和多发性肋骨骨折),明显的肺出血、肺水肿等。临床上常见休克、昏迷、腹膜刺激症状、气胸或呼吸困难等。不及时治疗的死亡率达80%~90%,良好治愈率达60%~80%,康复时间多数在3~6个月。

极重度冲击伤,常同时发生多处严重损伤,主要包括严重的颅脑脊髓损伤,胸、腹腔破裂,内脏破裂、严重肺出血,肺水肿,大血管破裂,软组织挤压伤以至肢体离散等。不及时抢救,大部分当场死亡,经过良好治疗,只有极少数可治愈。

造成上面四级伤情的冲击波超压值是不一样的。由于人体之间的差异,同一伤情下所需的超压值也可能不一样,

核爆炸对人员的烧伤是光冲量引起的,它也就包括了直接烧伤和间接烧伤。

即存在一个范围。表 3.10 给出了根据我国动物试验得出的爆炸当量约 $2 \times 10^4 \text{t}$ 时的不同伤情等级下的超压值。

表 3.10 不同冲击伤等级下的超压值(kPa)

| 伤情等级 | 轻度冲击伤 | 中度冲击伤 | 重度冲击伤 | 极重度冲击伤 |
|--------|---------|---------|---------|--------|
| 致伤超压范围 | 20~29.0 | 29.0~59 | 59~98.0 | >98 |

• 烧伤

核爆炸对人员的烧伤是光冲量引起的,它也就包括了直接烧伤和间接烧伤。

直接烧伤是指光辐射直接作用于人体所造成的伤害,它的特点是除了重度烧伤外,烧伤多发生于朝爆炸点一侧的暴露部位,烧伤与未烧伤部位的界线较清楚。

间接烧伤是由于光冲量引起服装、建筑物和一些易燃物质的着火而造成的烧伤。其烧伤病程和临床症状与直接烧伤是相同的。

皮肤烧伤伤情是根据烧伤面积,烧伤程度和被烧伤的部位以及全身症状等综合判断来划分的。我国将烧伤分为轻度、中度、重度和极重度四级。皮肤烧伤伤情症状和所需光冲量值如表 3.11 所示。

由于不同爆炸当量的火球发光时间是不一样的,因此,造成同一等级烧伤程度所需的光冲量也不相同。爆炸当量越大,所需光冲量越小。上表中的数据可认为是 $\times 10^4 \text{t}$ 级爆炸当量的值。十 $\times 10^4 \text{t}$ 级和百 $\times 10^4 \text{t}$ 级爆炸时,其值分别约为表中数值的 0.85 倍和 0.7 倍。

核辐射损伤俗称急性放射性病,通常是指核爆炸的早期核辐射对人员机体组织的电离损伤。

表 3.11 皮肤烧伤伤情分级及光冲量值

| 伤情级别 | 轻度 | 中度 | 重度 | 极重度 |
|--------------------------------------|-----------|--------------------|------------|-------------|
| 症状 | 皮肤发红,有刺痛感 | 烧到真皮中间,皮肤起水泡 红肿 | 烧到真皮底,皮肤溃烂 | 烧到皮下组织,组织败死 |
| 光冲量/ $\text{J} \cdot \text{cm}^{-2}$ | 21~63 | 63~125 | 125~210 | >210 |

当人员处于被核爆炸加热了的空气中时,会因吸入热空气而引起呼吸道的烧伤,严重时会造成呼吸困难,出现肺水肿,甚至窒息而死。

• 核辐射损伤

核辐射损伤俗称急性放射性病,通常是指核爆炸的早期核辐射对人员机体组织的电离损伤。其损伤机理是导致细胞的变异和死亡,人体机能失调,造血功能受到破坏,消化系统、神经系统紊乱等。

核辐射损伤也可分为轻度、中度、重度和极重度四种。

轻度放射病:骨髓造血功能轻度障碍,症状少而轻,伤后数天内可能出现疲乏、头昏、恶心。适当休息可自行恢复,引起这级损伤的吸收剂量为 1~2 戈瑞(Gy);

中度放射病:造血功能中度障碍,轻度出血,胃肠功能紊乱,有可能脱发等,经治疗后可治愈。引起这级损伤的吸收剂量为 2~3.5Gy;

重度放射病:造血功能严重障碍,出血、感染和胃肠功能紊乱明显、毛发脱落,经积极治疗大部分可痊愈。一般 3.5~

遭受核袭击后,多数人员损伤为复合伤。

5. 5Gy 可引起此级放射病;

极重度放射病:上述症状极其严重,并可发生中枢神经系统症状,全身衰竭,经积极抢救后,少数可治愈。引起此级损伤的吸收剂量在 5.5Gy 以上。

实际上,放射病的发生与人员的个体条件(年龄、体质和健康程度等)有关,当不同的人受同等吸收剂量后,是否都会发生放射病和发生那种等级放射病,具有一定的随机性。因此,人员所受的辐射剂量与放射性病不是固定不变的。

• 复合伤

广岛、长崎遭核袭击后人员损伤调查表明,受核爆炸复合伤伤害的人员占总伤亡人数的 65%~85%,爆后 20 天对幸存伤员各类伤情统计的结果表明,复合伤仍占 40%左右。越靠近爆心投影点,所占百分比越大,2km 范围内所占比例达 48%左右。这些人员伤情比较复杂。其伤情特点是:一是几种损伤中必有一种是主要损伤。这种主要损伤决定了复合伤的主要症状和病程;二是各种损伤相互加重。特别是中等损伤以上时,加重更加明显,使病情复杂、发展快、恢复慢,增加死亡率。复合伤伤情也分为轻、中、重、极重四级。具体分类依据复合伤中起主要损伤的一种损伤,主要损伤达到哪一级就是哪一级复合伤。

一次核爆炸对人员的瞬时杀伤作用中,上面四种伤情是同时出现的,但哪种伤害严重和损伤多大,取决于爆炸威力和爆炸高度。在确定爆炸威力、爆炸高度和伤情情况下,将各种损伤中达到的最大范围,认为是这次爆炸的综合损伤半径。

到1945年12月31日统计时,广岛死亡人数大约已达14万人,其中军事人员和工人约两万人。

广岛、长崎人员遭核袭击的损伤

广岛、长崎两城市遭袭击后,距爆心投影点不同距离内的死伤人员见表3.2和表3.4。表中的数字是根据爆后现场调查统计的结果且仅限于两城市的市民,没有包括军事人员。显然,由于当时日本处于混乱状态,所有行政机构处于瘫痪,无法作出较可靠的统计。

广岛后来的调查表明,该市遭核袭击时的总人数约为35万人。其中当地居民约28~29万人,军事人员约4.3万人,另外从郊区各县招募从事修筑工事和其他工作的约两万人。受伤人员中,即使有些人当时没有死亡,但因得不到及时治疗等原因,其后也逐渐死亡了。到1945年12月31日统计时,广岛死亡人数大约已达14万人,其中军事人员和工人约两万人。

长崎受核袭击时的城市人口约为27万,同广岛城市一样,受伤人员在其后时段内相继死亡。到1945年12月31日统计时,死亡人数约为7万人。其中军事人员为150人左右,朝鲜人为1500~2000人,另外还有一些中国劳工、学生和商人也死于这两次核袭击中,确切数字难以统计。

广岛、长崎城市人员伤亡中,总的情况是越靠近爆心投影点死伤越严重,随着距离的增加,逐渐减轻。在离爆心投影点约1km范围内人员死亡和受伤的数目占该区域内人员总数的95%左右,死亡率达80%以上。表3.12给出了两城市人员死亡率与距爆心投影点距离的关系。

在遭受核袭击以后的五年间，广岛与长崎又相继死亡了很多人。

表 3.12 人员死亡率与距爆心投影点距离的关系

| 距爆心投影点距离 /km | | <0.5 | 0.5 ~ 1.0 | 1.0 ~ 1.5 | 1.5 ~ 2.0 | 2.0 ~ 2.5 | 2.5 ~ 3.0 | 3.0 ~ 4.0 | 4.0 ~ 5.0 |
|--------------|----|------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | 死亡 % | 96.5 | 83.0 | 51.6 | 21.9 | 4.9 | 2.7 | 2.5 |
| 率 | 长崎 | 88.4 | | 51.5 | 28.4 | 6.4 | 2.1 | 1.2 | 0.7 |

1950年10月日本全国普查，第一次清查了两城市遭核袭击后的幸存者数字。统计结果广岛为158597人，长崎为124901人。可见，从1945年12月后的五年间又相继死亡了不少人员。核武器袭击城市会造成人员大量死亡，且有以下特点。

• 严重的烧伤

广岛、长崎1km范围内人员死亡和受伤的数目占该区域内人员总数的95%，死亡率达80%左右，大约50%是由烧伤所致，其中20%~30%是由于瞬间严重的闪光烧伤造成的。两城市严重烧伤的半径达4~5km。有资料说明，在广岛爆后的第一天内死亡的人员中，大约有三分之二的死者都曾被严重烧伤。在第一个星期内，仍有许多因烧伤而死亡的人。烧伤死亡人员如此多，可能是由于核袭击时正是炎热的夏季，人们穿着较为单薄。而且攻击当日广岛天气晴朗，云量仅为1/10，闪光非常强烈，爆炸飞机从7500m上空仍可清晰地看到660km外的爆炸形成的烟云。这种晴朗的夏季天气，无疑加强了光辐射的杀伤效果。

由于光辐射是直线传播的，所以只有直接暴露在光辐射

核辐射损伤是人员后期死亡的重要因素。

下的部位才受到影响,这种烧伤称为“侧面烧伤”,见图 3.12。另外,由于不同颜色的材料对光的吸收能力有很大差别,因此穿着花色衣服时,深色条纹下的皮肤烧伤,要比浅色条纹下的烧伤严重,见图 3.13。



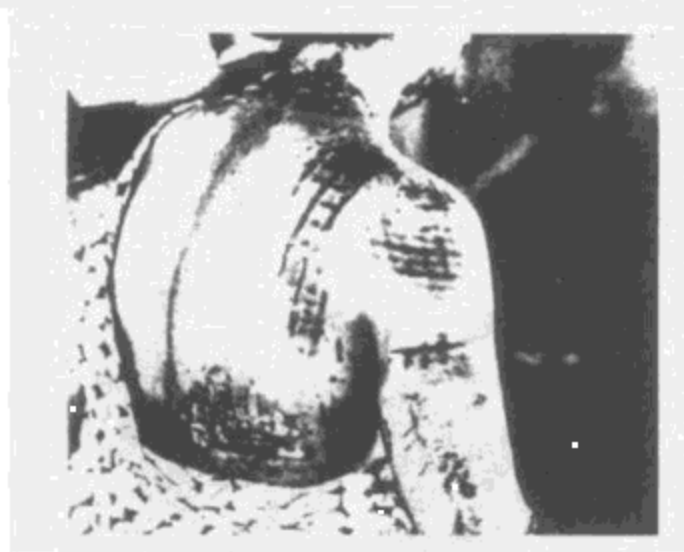
右图是帽子摘掉的情况,可以明显地看出帽子有效地保护了头部上端免受光辐射的烧伤(距爆心投影点 2 000m)。

图 3.12 光辐射引起的“侧面烧伤”的情况

• 核辐射损伤是人员后期死亡的重要因素

广岛、长崎爆心投影点的瞬时核辐射的剂量估计大于 200Gy,1km 处约为 6Gy,1.5km 约为 1Gy。核辐射使 50% 人员致死的距离,广岛约为 1.2km,长崎约为 1.5km。因此,广岛、长崎伤亡人员中,一些不是立即死亡的,也在第二天,甚至几星期后由于几种伤害的综合作用而逐渐死亡。广岛第一天死亡的占 70.3%,长崎占 56.4%。两城市死亡人员中约 96% 死于 20 天内,多数是由于核辐射伤害死亡的。这样的人员大约占总死亡人数的 15% 到 50%。表 3.13 给出

早期核辐射伤的幸存率是最低的。



病人背后皮肤烧伤的花纹与爆炸时穿着的衣服深颜色部分相一致,可见浅颜色能较好地反射光辐射。

图 3.13 皮肤烧伤情况

了所有幸存人员中受到三种损伤所占的百分比。

表 3.13 三种损伤在幸存人员中所占比例

| 损伤类型 | 机械性暴露伤 | 烧伤 | 早期核辐射伤 |
|--------|--------|----|--------|
| 幸存人员/% | 70 | 65 | 30 |

表中数据表明早期核辐射伤的幸存率是最低的。上表中总数超过 100%,是因为许多人员同时受到多种损伤。

• 建筑物的破坏也是人员伤亡的重要原因

值得注意的是建筑物的破坏,往往是造成内部人员死亡的重要原因。日本爆后从距离爆心投影点 0.48~1.2km 范围的钢筋混凝土建筑物内的 1 600 人的研究中,可以得到该类型建筑物的破坏与其内部人员死亡的关系,见表 3.14。在

建筑物的破坏对其内部人员是一个严重威胁。

该范围内室外地面的人员死亡率在 90%~100% 之间。从表中数据可以看出,钢筋混凝土建筑物内人员的死亡率虽比室外要小,但严重破坏时仍达 88%,可见建筑物的破坏对其内部人员是一个严重威胁。在更靠近爆心投影点的两个建筑物中的死亡情况更说明了这点,其内部 88% 死亡率中的一半,是各式各样的由于超压、结构崩塌、碎片和身体水平拖曳的直接和间接的冲击波伤害,另一半是由于烧伤和早期核辐射的伤害。

表 3.14 钢筋混凝土建筑物的破坏与其内部人员死亡的关系

| 建筑物 破坏程度 | 建筑物内人员死伤百分比/% | | | |
|-------------|---------------|----------------|---------------|------|
| | 全部死亡 | 严重损伤 (医院治疗) | 轻微损伤 (未治疗) | 没有损伤 |
| 严重破坏 | 88 | 11 | — | 1 |
| 中等破坏 | 14 | 18 | 21 | 47 |
| 轻微破坏 | 8 | 14 | 27 | 51 |

当然,建筑物破坏引起其内部人员的死伤存在着许多不确定因素,除了建筑物本身对不同损伤因素的防护能力外,还和内部人员所处的位置和方位等有关。因此,上表不能作为由建筑物破坏程度来估计室内人员死伤的依据。

核爆炸对人员损伤的长期效应

美国袭击日本广岛、长崎的爆炸高度分别为 500m 和 550m 的空中爆炸。这种爆炸方式火球不接触地表面,地表

核爆炸长期效应是指那些照射后经过数月或数年、甚至数十年后才出现的效应。

土壤和其他杂质不会卷入火球中,因此,形成放射性烟云的微粒极小(直径小于 $10\mu\text{m}$),一般不可能很快地降至地面造成高辐射剂量的放射性污染区。广岛、长崎爆后人员受核辐射的伤害主要是早期核辐射,未再受到放射性污染的危害,这样,人员受核辐射的危害相对小些。

广岛和长崎遭核袭击后的放射性污染虽然可以忽略,但早期核辐射的伤害是极为严重的。它不仅对人员造成近期效应,使大量人员伤亡,也对受辐射后幸存人员造成了长期效应,引发出各种与核辐射剂量有关的危害。

核爆炸长期效应是指那些照射后经过数月或数年、甚至数十年后才出现的效应。长期效应可以出现在受辐射的本人身上(躯体效应),也可以显现在受辐射人员的后代身上(遗传效应)。为了研究核爆炸对人员的长期效应,利用1950年日本人员普查的结果,对广岛、长崎的109 000多名幸存者进行了医学随访观察。其中不少人受到过 γ 射线和中子的不同剂量的辐照。调查发现从照射后第五年开始,白血病在内的肿瘤发生率明显增高。长崎幸存者中受1Gy或1Gy以上剂量照射的人员白血病发生率明显增加,而广岛则在受0.5Gy以上剂量时也明显增加。受辐射剂量越大,白血病发生率越高。如图3.14所示。

广岛、长崎的核辐射在长期效应中,除了白血病发病率明显增加外,其他肿瘤发病率也很高。例如,广岛幸存者中受1.00~1.99Gy的人员,在1950年—1978年间共有21例死于肿瘤(按正常死亡推算为11.5例),长崎有14例(正常推算为7.7例)。又如食管癌广岛受2~2.99Gy照射者,死

白血病的发病率与吸收剂量成正比。

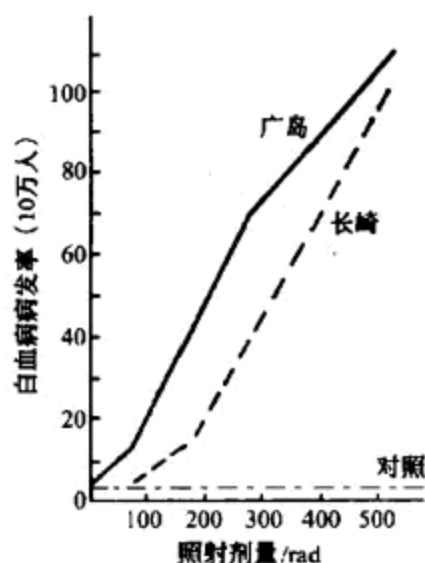


图 3.14 白血病年发生率与吸收剂量的关系

于 1950—1978 年间的有 7 例(正常死亡推算为 1.4 例),受 4Gy 以上照射者死亡 3 例(正常推算为 1.1 例)。通过对 283 000 多名幸存者长达近 30 年(1950—1978 年)的医学随访观察发现,死于肿瘤的增加数如表 3.15 所示。

表 3.15 283 000 幸存者中 1950—1978 年死于肿瘤的增加数

| 死 因 | 死亡例数 | 增加死亡例数(*) |
|----------|--------|-----------|
| 白血病 | 387 | 190.6 |
| 白血病以外的肿瘤 | 10 421 | 335.7 |
| 各种疾病均在内 | 67 660 | — |

* 比正常推算值多出的死亡例数/ 10^6 人/年/拉德。

广岛、长崎遭核袭击后,核辐射是否会对损伤人员的后代产生遗传性影响,一直被世人所关注,令人们忧虑。为此,

从迄今为止的各种调查和研究结果来看,核爆炸的遗传效应,尚未得到直接的证明。

美国、日本等国的核医学研究人员,对这个问题一直进行着反复认真的调查研究。他们对以下遗传影响指标,诸如是否有由于致死性突变引起的流产和死产;是否有因在胎儿期受到严重损伤引起新生儿死亡和出生时体重减轻;父、母亲受损伤后所生的婴儿是否有先天异常和畸形增加;婴儿的性别比例是否有变化等等进行了长期的研究。因上述指标受多种因素影响,因此从迄今为止的各种调查和研究结果来看,核爆炸的遗传效应,尚未得到直接的证明。

4

核武器的防护

核武器具有巨大的杀伤破坏力，这是毫无疑问的。日本广岛、长崎遭核袭击后城市建筑物的破坏和大量人员伤亡的事实，曾在人们心目中留下了核战争的恐怖阴影。随之而来的“核武器制胜论”，“核武器不可防”的言论，也曾嚣张一时。在这种核武器是“绝对武器”，是一个国家国防建设的重要支柱的思想支配下，出现了核军备竞争的局面，核武器得到了空前的发展。然而，就像世界上一切事物都有双重性一样，有矛必有盾。在核武器迅速发展的同时，如何防止或减轻核武器危害的研究，也随之开展。世界上不管是有核国家还是无



对核武器的防护,最有效的措施是建造坚固的地下防护工程。

核国家,为了适应现代战争的需要,为了有效地保存战争潜力和有生力量,保障人民在核战争中的生命、财产的安全,都把核武器的防护研究作为国家安危的重要战略措施之一,给予极大的关注和支持。

为了更好地防止核武器的危害,必须充分地了解核武器的特点,针对它的特点,采取不同的防护性措施。

核武器与常规武器的差别,除了核武器具有比常规武器更大的杀伤破坏作用外,强大的光辐射效应、几种看不见的核辐射造成的损伤和近地面爆炸引起的严重放射性沾染等,都是核武器所特有的。这些特殊性增加了防护核武器的困难,因此,必须提出防止多种毁伤的综合性防护措施。

另一方面,由于核武器各种因素的杀伤破坏程度除了与爆炸当量有关外,还与爆炸高度和爆炸地点有关,这样在平时制定防护规划时,会遇到许多不确定因素。考虑这些因素的综合防护,是人防和城市防护的重要内容,它涉及到了政治、经济和文化等各个方面,是一个复杂的系统研究。

对核武器的防护,最有效的措施是建造坚固的地下防护工程。它既可以防止冲击波的伤害,也可以阻挡热辐射和核辐射的损伤。但建造此类建筑物,无疑将花费巨大资金。实际上,从全民防护考虑是不现实的,也是没有必要的。

对城市来说,另一个有效措施是疏散人口,将人员从高度危险地区向危险性小的地区转移。所谓危险性小的地区是指能避免瞬时效应的损伤,也能防止放射性沾染危害的区域。虽然疏散是战时防止核武器危害的措施之一,但实际行动中会碰到何时疏散、向何处疏散等一系列的问题。因此,

光辐射是直线方向传播的,因此,利用一切可以遮光的物体,都可以有效地避免或减轻光辐射的直接烧伤。

许多国家为了不至于战时的惊慌和束手无策,在平时的城市建设规划中,如同地下防护工程布局一样,将战时疏散人口纳入城市防护内容之中。实际上,只要充分地了解各种毁伤因素的特性,采取相应的简易防护措施,也可以得到很好的防护效果。本书着重介绍一些简单、实用的防护方法。

4.1 如何防止光辐射的杀伤破坏

核爆炸产生的光辐射能引起城市火灾,烧毁建筑,对人员的皮肤、眼睛和呼吸道等造成伤害。防止核爆炸光辐射的杀伤破坏,是遭核袭击后应防患的重要内容。

核爆炸形成的火球是光辐射源。火球发光要持续一定的时间,在这段时间内光虽然以 $3 \times 10^8 \text{ km/s}$ 的速度传播,但它的杀伤破坏作用,除了小当量爆炸和闪光盲外,不是一闪即逝的,它是一个累积过程,防光辐射毁伤时应考虑到这一特点。

光辐射是直线方向传播的,因此,利用一切可以遮光的物体,都可以有效地避免或减轻光辐射的直接烧伤。白色或浅色物体比深色物体吸收热能的能力差些,人员穿着浅色衣服或将易燃的建筑物涂成白色,都可以增加防光辐射的效果。

人员如何防止光辐射的伤害

由于光辐射的直接传播,所以爆点与人员之间任何不透

户外人员见到闪光后,应利用一切物体遮挡暴露的皮肤。如果当地没有任何物体可以利用,也可以将穿的衣服把暴露皮肤掩盖起来。

明的物体,都可以起到防护作用。尽管这些物体最后有可能被冲击波摧毁,但冲击波到达之前,它已经完成了防护光辐射的作用。

对于户外人员、特别是旷野中的人员,可以利用就近周围的沟、坎、土丘、坑等地形地物,以防止光辐射直接照射(见图 4.1)。当然,也可以迅速地躲到树木、建筑物、篱笆和任何结构物的背后。总之,户外人员见到闪光后,应利用一切物体遮挡暴露的皮肤。如果当地没有任何物体可以利用,也可以将穿的衣服把暴露皮肤掩盖起来。



室外人员看见闪光后,应迅速躲到可以遮挡光辐射的地方。图中是利用土丘进行防护光辐射的情况。

图 4.1 利用土丘的防护动作

如果遭受核袭击时人员处于建筑物内,应该见到闪光后,立即卧倒,如有可能,应爬到桌子后面或底下,或爬到预先选好的有利位置,纵然来不及躲避光辐射的危害,也可以抵挡随后的冲击波的损伤。实际上,建筑物内的人员,只要

防止核爆炸引起城市火灾,是光辐射防护中的重要内容。

爆炸时刻不是站在面向爆炸方向的窗户口,光辐射无法直接照射到人体时,都可以大大地减轻它的烧伤。下表给出了广岛爆炸后 60 天,幸存居民在不同距离上处于不同掩蔽状态时,烧伤情况的统计结果。

表 4.1 广岛爆后 60 天幸存人员烧伤统计
(烧伤病例/调查人数)

| 爆心投影点 /km | 掩蔽情况 | | |
|--------------|-----------------|---------------|----------------|
| | 室外未掩蔽 | 室外掩蔽 | 室内 |
| 0~0.5 | — | 2/3(66.6) | 3/24(12.5) |
| 0.6~1.0 | 22/22(100.0) | 34/68(50.0) | 33/210(15.7) |
| 1.1~1.5 | 172/172(100.0) | 50/144(34.7) | 105/631(16.6) |
| 1.6~2.0 | 518/528(98.1) | 64/176(6.3) | 135/770(17.5) |
| 2.1~2.5 | 439/443(99.0) | 69/150(46.0) | 50/563(8.8) |
| 2.6~3.0 | 98/124(79) | 19/94(20.2) | 23/284(8.0) |
| 3.0~3.5 | 33/85(38.8) | 2/58(3.4) | 6/230(2.6) |
| 3.6~4.0 | 4/40(10.0) | 0/12 | 0/102 |
| 总计 | 1286/1414(90.9) | 240/705(34.0) | 355/2814(12.6) |

表中括号内的数字是烧伤百分比值。从表中可知,在同一距离上,人员在“室外有掩蔽”和“室内”时,可以大大地减小烧伤危害。

如何防止城市火灾

防止核爆炸引起城市火灾,是光辐射防护中的重要内容。城市火灾可由直接的光辐射和冲击波的次级效应引起。次级效应是指火炉翻倒,电线短路,煤气管道破裂等引起的火灾。城市火灾的防护,必须纳入城市的建筑规划布局中,

城市火灾的防护,必须纳入城市的建筑规划布局中。

诸如城市中建筑物密度,供电、供水,煤气管道、通信线路的走向、位置、宽度等的要求,化工厂、化工仓库、油库、煤气供应站等的布局,都必须充分地考虑到应有利于城市火灾的防护。总而言之,为了有效地防止核袭击造成的城市火灾,一个城市的总体布局,最好不要成圆形布置。军工生产、动力设备,重要的工厂等、要分散设置,建筑物密度要满足避免火灾蔓延的要求等。

除了上述的城市总体规划中,应注意的布局外,还应在平时采取一些相应的措施。

首先要减少潜在起燃点,切断火灾起因的直接途径。一切易燃物质,如纸张、油布、凉棚、木屑、杂草、干树叶、广告牌等,都应从暴露的街道和广场中清除干净。房内的窗帘应选用浅色、耐热的布料。破旧的木质建筑,外面应涂上石灰或泥土等。

其次应设法切断火灾起因的间接途径。对正在使用的火炉,工厂的炼铁炉等烧具的火种应熄灭,关掉供电、煤气供应设备。供电和煤气供应设备系统中应安装控制闸和控制阀。可以利用核爆炸的闪光或光辐射的信息设计自动截断装置或自动关闭控制阀等。

另外,要有完善的扑灭火灾的应急措施。平时准备好隔绝或快速扑灭火灾的器材,安装对冲击波有较高抗力的地下供水系统,在一些主要地区修建一些备用的储水池,建立地下区域性电站或独立电站,以保证灭火中的用电要求。

当然,在加强专业消防队建设的基础上,平时训练一批灭火人员,让他们掌握在紧急情况下的救火技术,以及提高

对冲击波防护最有效的方法是“深挖洞”，在地面以下修筑防御工事，或者在地面上修筑坚固的防御建筑物。

全民在核战争条件下的防火意识，也是防止或减小火灾的重要措施。

4.2 防止冲击波的破坏有哪些手段

核爆炸冲击波是核武器实施地面和空中爆炸时的重要杀伤破坏因数。它不仅可以大面积地杀伤人员，还可以摧毁和破坏城市的建筑和公用设施，是核战争条件下需要重点防护的对象之一。

对冲击波防护最有效的方法是“深挖洞”，在地面以下修筑防御工事，或者在地面上修筑坚固的防御建筑物。然而，正如防止光辐射中所叙述的那样，作为全民性防御核爆炸杀伤破坏的规划，在制定冲击波的防御措施时，大量修建这些防御建筑和地下防御工事是不可能的，必须采用一些简便而又有效的方法。

人员如何防止冲击波的杀伤破坏

冲击波和光辐射对人员的杀伤同样存在直接杀伤和间接杀伤两个途径。冲击波的直接伤害是由超压造成的。间接伤害是动压将人员吹倒跌撞在坚硬的物体上造成的损伤，或者是由于超压摧毁建筑物后，由碎玻璃、砖块等对人员造成的伤害。

冲击波的防护具有以下特点：

- 冲击波的传播具有一定的方向性，可以利用坚固的

城市人员得到核袭击的预警后,应迅速地进入就近的地下建筑。

物体遮挡身体来减轻伤害;

- 冲击波沿地表面运动,地下建筑和工事能有效地防护冲击波;
- 冲击波无孔不入,可以通过孔、洞和缝隙进入封闭的建筑物内部。因此,建筑物密闭程度越高,防护效果越好;
- 冲击波的伤害与受力面积有关,应设法减小受力面积;
- 冲击波对物体和建筑物的破坏可以对人员引起间接伤害。

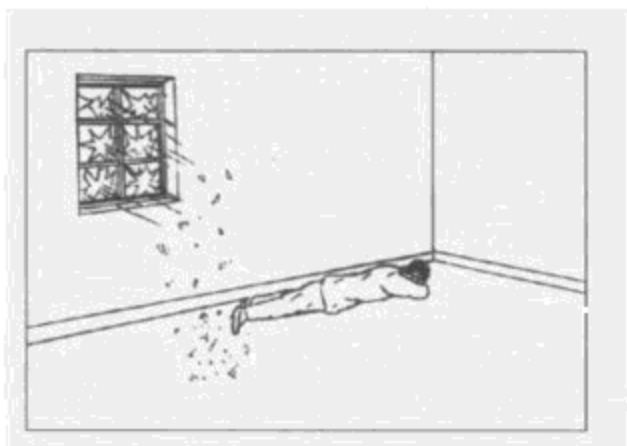
另外,冲击波到达某一距离,需要一定的时间。因此,当离爆点较远距离的人员发现核爆炸闪光后,有可能就近找到遮蔽处或完成某个防护动作,以达到防冲击波的目的。例如,爆炸威力为 $2 \times 10^4 \text{t}$ TNT 当量的空中爆炸,10km 的人员有 27s 的时间来采取防护措施; $10 \times 10^4 \text{t}$ 时 20km 的人员有 54s; 而 $100 \times 10^4 \text{t}$ 时 10km 的人员有 24s, 20km 时有 49s。

我国城市中以往修建的各类城市人防工事、地下室和地铁等,是防止冲击波伤害最有效的场所。因此,城市人员得到核袭击的预警后,应迅速地进入就近的地下建筑。如果来不及进入地下建筑物,则应立刻远离易倒塌的建筑物和易飞散的物体,就近卧倒在坚固的墙角下,以免遭受间接伤害。

如果核袭击时人员处于建筑物内,应迅速卧倒在背向爆炸方向的墙角下,避开门窗玻璃碎片的伤害,如图 4.2 所示。一般来说,房内最安全的位置是靠近墙壁,但不挨着墙壁并远离门窗的地方。因此,当人员较多时应集中在此处。冲击

农村居民或旷野暴露人员,则可以利用地形地物、土坑、土坎、水沟、道路涵洞等进行防护。

波摧毁建筑物造成人员的间接伤害,与地震伤害极为相似,这样建筑物内的一些设备也可以利用,如人员蹲在桌子、椅子下面等。



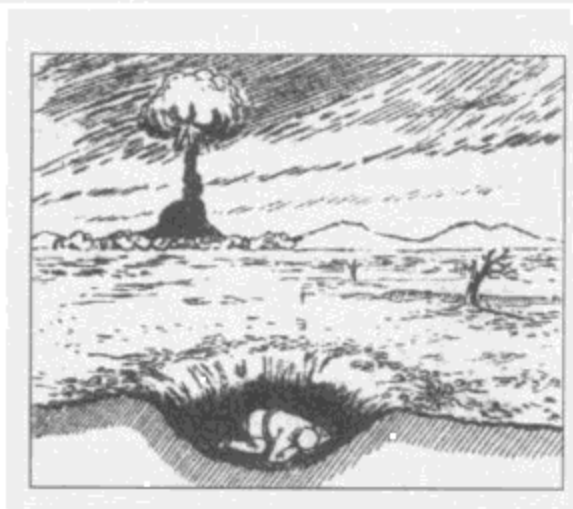
室内人员见到闪光后应迅速避开窗口,平行于墙壁卧倒在离墙根一定距离的地方。

图 4.2 室内人员卧倒姿势

农村居民或旷野暴露人员,则可以利用地形地物、土坑、土坎、水沟、道路涵洞等进行防护,如图 4.3 所示。家庭中较坚固的地窖,就地山坡坎下挖掘的洞穴也是良好的防护场所。例如一次 $300 \times 10^4 \text{t}$ TNT 当量的空中爆炸,开阔地面距爆心投影点 9 550m 动物的肝、脾破裂,6 100m 的动物现场死亡,但在 5 600m 处民用防空壕内的动物存活且无临床症状。可见,能用来防止冲击波直接冲击的场所,都可以收到很好的防护效果。

旷野人员如果发现核爆炸闪光后,无法就近利用地形地物,便可以就地背向爆心方向卧倒,如图 4.4 所示。因为冲击波的致伤作用与迎爆面积有关,面积大,损伤重。当人员

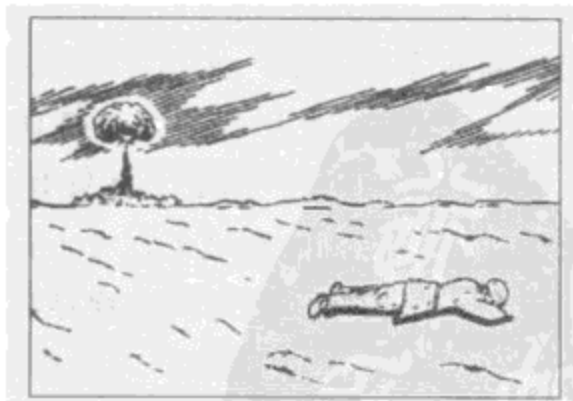
通常卧倒时的迎爆面积约为站立时的五分之一。



室外人员看见闪光后应迅速就近寻找可以遮挡身体的地方，图中是利用弹坑防护的办法。

图 4.3 利用弹坑防护

站立时，无疑地迎向冲击波冲击的面积要比卧倒时要大得多。通常卧倒时的迎爆面积约为站立时的五分之一。这样，便可以大大减小冲击压力，保护人身免受危害。



室外人员如果当看见闪光后而就近无任何遮挡物体时，可以背向爆心就地卧倒。卧倒方向与爆心连线方向一致时防护效果最好。

图 4.4 旷野人员卧倒姿势

对大型建筑物来说,采用钢筋混凝土墙和构架的结构,具有很强的抗震的能力。

建筑物的防护

为了减弱冲击波对建筑物的破坏程度,可以根据冲击波在建筑物正面上的超压值,有可能是侧面上的超压值的二倍的情况,将建筑物设计成能够承受延续一定时间的某一规定的超压力,以便使该建筑物在不同部位上基本到达均衡的强度。另外在设计上应注意梁与柱之间的坚固联结,就像在抗地震设计中常用的联结方法,可以增加建筑物对冲击波的抗力。

日本广岛、长崎的建筑物被破坏情况表明,对大型建筑物来说,采用钢筋混凝土墙和构架的结构,具有很强的抗震的能力。这种建筑物虽然其内部被火严重烧伤,但其外部墙壁损坏轻微。而用砖、混凝土或玻璃的无钢筋构件建筑物,不仅不能像钢筋混凝土那样承受冲击波,且受到破坏后会产生许多碎片,增加了冲击波对人员的间接杀伤作用。所以在建筑中,特别是城市建筑中应避免此种设计。

4.3 对付早期核辐射和核电磁脉冲(NEMP)的方法

早期核辐射和核电磁脉冲都是核爆炸的瞬时杀伤因素,但它们的性质不同。早期核辐射主要是对人员造成损伤,核电磁脉冲主要是对电子元器件产生影响,因此,对它们的防护也是不一样的。

早期核辐射是指核爆炸后十几秒钟内以不同方式发射的 γ 射线和中子。它对人员的危害是不可忽视的。

对早期核辐射的防护

早期核辐射是指核爆炸后十几秒钟内以不同方式发射的 γ 射线和中子。眼睛虽然无法看见这些射线和粒子,但它对人员的危害是不可忽视的。日本广岛、长崎遭核袭击后,近期死亡人员中,受核辐射致死的占 20% 左右。后期死亡人员中,核辐射伤害致死的占更大的比例,至于核爆炸引起的长期效应更是核辐射的作用结果。

早期核辐射除了它们的作用时间极其短促(十几秒内)外,还有以下特点:

- 穿透能力强。由于 γ 射线和中子流不带电,且有很高的速度,因此,当它们作用于物体时,不存在正、负电的吸引作用,在空气中可以传播很远的距离和穿透很厚的物体;
- 传播速度快。 γ 射线在空气中是以光速 ($3.0 \times 10^5 \text{ km/s}$) 传播的,中子在大气中的速度也可达到每秒上万公里;
- 发生散射。早期核辐射是以爆点为中心向四周直线传播的,在传播路径上遇到空气分子和其他物质分子时,会发生碰撞而改变它们原来的运动方向,即发生散射。这种散射可以发生多次,使得其传播方向极其混乱,可以传播到不是它直线所能达到的地方。
- 中子可以产生感生放射性。中子与某些元素如锰、铁、铝、钠等作用后,会被这些元素吸引形成放射性

根据早期核辐射传播速度快和作用时间短的特点,对它的防护应是预防性的,即在得到核袭击预警后,就应该做到隐蔽。

同位素。因此,如果爆炸区域内的土壤中有这些元素,或位于中子作用范围内有含这些元素的物品,都可以使这些土壤和物品产生放射性。这种由中子作用形成的放射性叫做感生放射性。感生放射性在裂变过程中会产生 γ 射线和 β 粒子。

早期核辐射和光辐射、冲击波一样都可对人员造成伤亡,但要强调的是在万吨级当量以下的核爆炸中,早期核辐射的伤亡范围最大,而在百万吨级当量时,早期核辐射的伤亡范围最小。

根据早期核辐射传播速度快和作用时间短的特点,对它的防护应是预防性的,即在得到核袭击预警后,就应该做到隐蔽。遮躲物体后面的辐射剂量值总是要小于直接接受的剂量值。因此,人员用于防护光辐射和冲击波的直接伤害的措施,对早期核辐射的防护仍将有一定的效果,如果遮挡物体很大,其防护效果将更明显。

尽管早期核辐射穿透力很强,但在传播过程中,由于和传播路程中的物质发生碰撞,还是要被削弱的。对 γ 射线来说,其削弱程度与射线源(爆炸点)和受辐射人员(物体)之间的物质的质量有关。物质密度越大,防 γ 射线越有效;对中子来说,与 γ 射线的防护有所不同,用密度大的物质并不一定有好的防护效果。而用含氢元素的物质,诸如石蜡、水等更为有效。

各种物质防护早期核辐射的能力,是用该物质的“十分之一厚度”来表示的。它是指早期核辐射通过该物质时,其辐射剂量减弱至原来的 $1/10$ 时的物质厚度值。例如,混凝

早期核辐射的中子引起的感生放射性,也应引起注意。

土对 γ 射线的1/10厚度是33cm,若 γ 射线剂量通过混凝土前是5Gy,当通过33cm混凝土后,其剂量减弱到0.5Gy,通过66cm厚度时,剂量为0.05Gy。

几种便于用来防护早期核辐射的物质的“1/10厚度”值如下表:

表 4.2 几种物质的“1/10厚度”值(cm)

| 物质 | | 土壤 | 混凝土 | 铅 | 铁 | 水 | 木材 | 砖 |
|-------------------------------------|-------------|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|
| 密度/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ | | 1.7 | 2.4 | 11.3 | 7.8 | 1.0 | 0.7 | 1.8 |
| 1/10 厚度值 | γ 射线 | 50 | 33 | 5.6 | 10 | 76 | 82 | 42 |
| | 中子 | 50 | 34 | 29 | 32 | 18 | 39 | 43 |

以上几种物质是周围环境中比较常见的,可以方便地用来防护早期核辐射,且其效果也是令人满意的。如果核袭击时,人员已进入地表面覆土1m厚度,拱墙是用33cm厚的混凝土修建的防空洞内,那么,根据上表数值,通过一米厚的土壤可使剂量降低100倍,再通过33cm的混凝土又可以降低10倍,这样,即使洞外地表面的早期核辐射剂量高达10Gy,洞内人员也只能受到0.01Gy的辐照,对人员而言是安全的。

早期核辐射的中子引起的感生放射性,也应引起注意。对一些容易产生感生放射性的物品和食物,例如一些用铁、锰、钢制作的工具和容器,如果核爆炸时暴露于核爆炸的环境中,爆后应尽量避免接触,待它衰减到一定程度后再使用。一些含钠、钾和磷等元素较多的食品以及一些腌制品,感生放射性都较强,核袭击前应加以防护,避免暴露于核爆炸环

电磁脉冲的持续时间很短,但它所携带的能量是极其可观的,对它的防护也很重要。

境中。

对核电磁脉冲(NEMP)的防护

核爆炸释放的 γ 、 χ 射线是核电磁脉冲产生的主要源。核电磁脉冲是一种随时间变化的电磁辐射,其波形的前沿极其陡峭,即能很快地上升到峰值,然后较慢地衰减。核电磁脉冲具有很宽的频谱,范围可从非常低的频率到几百兆赫,在这频率范围内其幅值变化很大,可见核电磁脉冲是一种非常复杂的现象,对它的防护也是极其复杂的。特别是随着高新技术的发展,各种电子设备和供电系统、控制、指挥以及通信等电子系统的普及,核电磁脉冲的防护更是需要解决的问题。

尽管电磁脉冲的持续时间很短,但它所携带的能量是极其可观的,特别是在大当量爆炸时更是如此。当它和所有的电磁波一样以光速向外传播时,其携带的能量能够被金属或其他导体所收集,在金属导体上形成很强的电流和很高的电压。这样,凡是和这金属导体相联结的电气和电子设备都有可能遭到损坏。但无疑的,与这些电子设备有关的工业配电系统、雷达、通信等系统和电子计算机等,都有可能受到损坏。

核电磁脉冲造成电力和电子系统的破坏包括功能损伤和工作错乱。功能损伤是一种永久性的严重损坏。由于某一元器件或部件的损坏,造成分系统或整个系统无法执行它原来的功能,就是功能损伤的典型例子。工作错乱是属于短

屏蔽是核电磁脉冲防护的最基本的方法。

时间内出现的故障。无论何种损伤,在电子、电力系统中都是要避免的。

电子元器件或部件受 NEMP 损伤的程度,主要取决于它对 NEMP 的敏感性。这包括了其内部的线路特性、半导体材料的性质和固态装置的制作工艺等。因此,用不同材料和不同路线设计的部件,对 NEMP 的敏感性有很大差别。

核电磁脉冲的防护,除了在设计阶段就对系统或分系统整体作周到考虑外,还可以采用屏蔽、电路合理布局、良好的接地以及各种防护装置等措施,来降低或防止电磁脉冲带来的危害。

屏蔽是核电磁脉冲防护的最基本的方法。它是用连续金属板(钢、软铁或铜)将要保护的系统包围起来。屏蔽材料可用高导电率或高导磁率的金属,或兼而有之的材料,可根据防护的对象而定。对于静电屏蔽可用高导电率的材料,静磁屏蔽可用高导磁率的材料。电磁屏蔽往往用于高频,通常采用多层屏蔽。

屏蔽效果是用屏蔽系数 S 来表示的。它定义为屏蔽设置前的场强 E_i 与设置后的场强 E_c 的比值,单位为分贝 (dB)。

$$S=10\text{Log}(E_i/E_c)$$

屏蔽效果一般是频率的函数,表 4.3 给出了几种主要金属材料的屏蔽效果。

对于要求更高的屏蔽条件,可采用多层混合结构的电磁屏蔽来取得更好的屏蔽效果。表 4.4 给出了双层屏蔽体的屏蔽效果。

放射性沾染是由于放射性物质引起的,因此,对它防护最有效的方法是与放射性物质隔离,远离放射性沾染区。

表 4.3 单层材料屏蔽效果(dB)(厚度为 0.1mm)

| 频率 f /kHz | 铜 | 铝 | 钢 | 铅 |
|-------------|------|------|------|------|
| 20 | 17.9 | 13.5 | 4.8 | 1.4 |
| 60 | 27.4 | 22.9 | 13.1 | 6.5 |
| 100 | 31.8 | 27.4 | 17.9 | 8.6 |
| 1 000 | 52.8 | 47.8 | 55.5 | 30.0 |

表 4.4 双层屏蔽效果(dB)(每层厚度为 0.1mm)

| 频率 f /kHz | 铜-钢 | 铝-钢 | 钢-钢 | 铅-钢 |
|-------------|------|------|------|------|
| 20 | 19.7 | 15.8 | 10.7 | 6.8 |
| 60 | 32.8 | 28.8 | 22.0 | 16.7 |
| 100 | 40.7 | 36.3 | 31.0 | 22.9 |
| 150 | 47.7 | 43.5 | 40.0 | 27.3 |

核电磁脉冲由于瞬时即逝,一般对人员不会产生极大的危害,但人员若与电磁脉冲能量的有效收集器,诸如室内长电线、电线管或其他大型金属物体相接触,也许会像遇到雷电一样遭到电击。

4.4 如何减弱放射性沾染的危害

放射性沾染是由于放射性物质引起的,因此,对它防护最有效的方法是与放射性物质隔离,远离放射性沾染区。

防止放射性沾染对人员的 γ 射线的外照射损伤,要充分

防止放射性污染要采取时间防护,距离防护,屏蔽防护等措施。

地认识放射性污染的性质、特点等以便采取时间防护、距离防护和屏蔽防护等措施。

时间防护上要做到“一快一迟一少”。

一快是指当爆后人员处于爆区或云迹区时,应尽快地离开污染区,或尽快地进入地下建筑物,躲进封闭的室内或其他建筑物内;

一迟是指当人员非要进入污染区时,应尽量推迟进入的时间,充分利用放射性的“六倍”衰变规律这一特性,这样,进入时间每推迟六倍,剂量率便降低了 10 倍,人员所受的照射剂量便可以少些;

一少是指停留在污染区内时间应尽量缩短。因为受照的剂量与在污染区内停留的时间是成正比例的。没有特殊情况,不要进入污染区,如果非得进入污染区时,应在完成任务的前提下,尽量减少在污染区内的停留时间,是减少受照剂量的有效方法。

距离防护是指离放射性污染越远越好。

当通过污染区时,应选最短距离的污染区作为行动路线,缩短通过时间;当生活、工作区域被污染而又无法离开该场所时,采取铲除房屋周围的污染物并将其搬迁至远离房屋的地方,也可以减少 γ 辐射的损伤。

屏蔽防护是指利用人防工事、放射性沉降掩蔽部、建筑物等的防护。

人防工事、建筑物等如同它防护核爆炸瞬时损伤一样,也是防护放射性污染的好场所。

放射性沉降掩蔽部如同战场上的掩蔽体一样,是指具有

城市建筑物是防放射性沾染既方便又有效的场所。

一定覆土但抗压较小的掩体。它主要是隔离放射性落下灰。在远离爆点的云迹区内,这种简单易行且造价较低的掩体,对减弱放射性沾染是很有效的。

所有屏蔽体的屏蔽防护效果是用削弱系数 F 来度量的。它是屏蔽体外面的 γ 照射量率与防护体内部的 γ 照射量率的比值。

$$F = \text{防护体外面的 } \gamma \text{ 照射量率} / \text{防护体内部的 } \gamma \text{ 照射量率}$$

城市人员应充分利用人防工事和地面建筑物进行防护。一般覆土为 1.2 为 $\sim 1.5\text{m}$ 的人防工事, F 值便可大于 1 000。目前城市中的人防工事,覆土均大于数米,因而防护效果是很好的。

城市中的各种交通工具,实际上也可以临时用作防护体。一般的大型公交车 F 值约为 2,小型公交车 F 值约为 1.7。

城市建筑物是防放射性沾染既方便又有效的场所。其防护效果与建筑物所用的材料、墙体厚度、形状大小以及建筑物内的具体位置有关。密度大的材料,墙体越厚,其 F 值要大些。在建筑物内远离窗口或门的地方, F 也要大些。地下或半地下的建筑防护效果更好些。由于建筑物多种多样,材料、墙厚、形状大小各异,因此,难于确定它的削弱系数,只能在大量统计基础上给出概略值。表 4.5 给出了不同建筑物的 F 值。

表中给出的取值范围,是考虑到地下室深度、房间内位置、房顶厚度和材料的差别。从表中可以看出,人员进入建筑物内,可以明显地减轻放射性沾染的危害。

地窖是防放射性沾染的良好场所。

表 4.5 不同建筑物对 γ 的削弱系数 F

| 名 称 | | 削弱系数 F |
|---------|-------------|----------|
| 地下室 | 大型建筑(或多层楼房) | 100~100 |
| | 民房或砖木住宅 | 10~100 |
| 半地下室 | 多层楼房 | 40 |
| | 砖木住宅 | 20 |
| 楼房 | 一层 | 10 |
| | 二层 | 20 |
| | 多层楼的中间层 | 30~100 |
| | 顶层 | 5~10 |
| 砖平房 | | 3~10 |
| 木屋或轻型建筑 | | 1.5~3 |

广大农村也不可忽视对放射性沾染的防护。

核武器具有巨大的综合杀伤破坏力,它攻击的目标除了一些具有重要战略意义的军事基地和大型交通枢纽、港口等以外,城市目标是首当其冲的。因此,全民防护的重点应放在城市中。然而,从前面讨论过的 1954 年美国在比基尼岛的大当量地爆试验,造成距爆心几百公里外仍能受到严重放射性的实际考虑,城市区域以外的广大农村也应对放射性沾染的防护给予极大的重视。

广大农村可以利用住房和地窖等来防护放射性沾染。当利用住房时,应将门窗紧闭,直到室外辐射剂量率下降到容许值为止。地窖更是防放射性沾染的良好场所。表 4.6 给出了各类民房和地窖防放射性沾染外照射的削弱系数。

在战时作为应急措施,广泛地修建一些简易的防放射性沾染掩体,是实现全民防护的一种手段。

表 4.6 各类民房、地窖防放射性沾染外照射的削弱系数

| 名称 | 土房 | 砖房(外间) | 砖房(里间) | 地窖 |
|-----------|-----|--------|--------|------|
| 削弱系数/ F | 8.1 | 8.7 | 12.4 | 12.1 |

另外,在战时作为应急措施,广泛地修建一些简易的防放射性沾染掩体,是实现全民防护的一种手段。美国等国早在 50 年代末就开始了拟建不同于防冲击波的防放射性沉降掩蔽体的工作。提出了掩蔽体的等级划分和相应的削弱系数,为全国民防规划的制定提供了依据。

我国有关科研单位也开展了这方面的研究。结合我国人口众多、地域辽阔、山地和丘陵多以及森林覆盖面积小的实际,采取因地制宜,就地取材,充分利用各地区的自然资源和生活设施,并动员人民自己构筑简易的战时应急的防放射性沾染掩蔽体等方法是非常必要的。

防止放射性沾染的皮肤烧伤和内照射的个人防护措施中,包括了以下几个方面:

- 穿戴好防护服装或用衣服遮挡身体暴露部位,戴好面具或口罩;
- 离开沾染区后应尽快进行洗消,无条件洗消的人员应采用扫、掸、拍打等简易方法去除沾染物;
- 不接触受沾染的物体,不喝污染过的水和吃污染过的食物等;
- 针对不同的污染对象,采取相应的措施,以有效地减少放射性的危害。

5

人类的愿望 ——消灭核武器

1895年德国物理学家威廉·康拉德·伦琴发现了X射线,1896年贝可勒尔揭示了铀元素的放射性性质,后为物理学家探索原子的结构指明了道路,从此开辟了核科学核技术发展的新纪元。特别是1933年人们利用加速器发现了轻核聚变,1938年德国的奥托·哈恩和弗里茨·施特拉斯又发现了铀核裂变现象后,世界更进入了一个新的历史时代,利用铀核裂变能够释放巨大能量的理论很快地被应用到军事上,并在技术上获得突破,从而成功地制造出了原子弹、氢弹和中子弹等。

在核科学理论和技术方面,第二次世

从世界上总的核力量来看,主要是美国和前苏联两国占有绝对核优势。

世界大战前,德国均处于领先地位。然而,由于种种原因,特别是纳粹德国当时在研制先进武器方面政策上的失误,使其核科技的优势地位逐渐地走向劣势,优秀人才的大量流失和先进设备在战争中遭到破坏,使德国的核科学研究处于瘫痪状态。相反,美国和前苏联等国则在残酷战争的激励下,加快了这方面研究的步伐。特别是美国,它利用德国和欧洲各国一些著名科学家迁居美国,且远离战场处于大后方的有利环境,投入大量的人力和财力,加速研制原子弹的进程,终于在1945年研制了三颗原子弹,其中两颗应用于战争中。其实,在美国爆炸第一颗原子弹的时候,前苏联就已经在研制原子武器了,并于1949年8月成功地进行了第一颗原子弹爆炸,从此打破了美国的核垄断,开始了两国之间核军备竞争。在世界核武库中的核武器数量,也因这两国的核军备竞争和以后的英国、法国和我国先后掌握了核武器而不断增加。但从世界上总的核力量来看,主要是美国和前苏联两国占有绝对核优势。

5.1 美国和前苏联两国核武器发展概况

两国的核军备竞赛

从世界上制造出第一颗原子弹开始,至20世纪80年代,美苏两国的军备竞赛大致可分为以下几个阶段:

第一阶段为1945~1949年,这一阶段是美国的核垄断时期,只有美国拥有核武器。在此期间,美国对武器的尺寸、

到 70 年代末,美国和前苏联两国的核武器总威力达到了 1.3×10^{10} t TNT 当量的水平,成为世界和平的严重威胁。

重量、威力及复杂的引信和点火线路进行了改进,并从 1947 年 4 月开始进行批量生产,至 1949 年 4 月共制成了 120 枚。美国以独有核武器企图称霸世界,且实施遏制战略,阻止前苏联拥有核武器。但在此时期内,前苏联在战后极其困难的条件下,在医治战争创伤的同时,也在极其保密的情况下积极研制核武器。

第二阶段为 1949 年到 60 年代末。这一阶段前苏联拥有了核武器,打破了美国核垄断格局,但美国仍处于核优势。前苏联由于氢弹研制周期短于美国,且先于美国研制成洲际导弹,使美国一度处于落后的地位。但美国毕竟有强大的经济实力和雄厚的技术力量,落后局面很快改变过来了。

第三阶段为 60 年代末到 80 年代初。在这期间美、苏两国为了争夺核霸主地位,积极改进和生产核武器,两国达到了核均衡状态,美国在核武器质量上好于前苏联,但在数量上前苏联多于美国。经过这一时期的大规模军备竞赛,两国核武器极大地膨胀起来,到 70 年代初,两个国家的核武器总威力达到了 1.3×10^{10} t TNT 当量的水平,成为世界和平的严重威胁。

两国的核试验概况

核试验是研制和发展核武器必不可少的手段。为了改进核武器,在预定条件下进行核爆炸装置试验或核武器爆炸试验,是多学科多部门相互协同,且需要大量人力物力的科学试验。美苏两国从成功地进行了第一次核试验后,便加紧

美国、前苏联核试验阶段划分。

了各种方式的核试验。在进行期间,由于各自需要阶段总结,互相制约和政治上的原因,两个国家直到 1990 年的核试验大致都可以分为 5 个阶段。各阶段的时间如表 5.1 所示。

表 5.1 美国、前苏联核试验阶段划分

| 阶段 | 美 国 | 前苏联 |
|------|--|--|
| 第一阶段 | 1945 年 7 月 16 日—1948 年 5 月 14 日美国首次核试验开始至在埃尼威托克岛上进行的“沙石”行动结束 | 1949 年 8 月 29 日—1958 年 11 月 3 日前苏联第一次核试验至与美国达成第一次暂停核试验结束 |
| 第二阶段 | 1951 年 1 月 27 日—1958 年 10 月 30 日从美国首次在内华达进行“徘徊者”行动试验起至同前苏联一起暂停核试验 | 1961 年 9 月 1 日—1962 年 12 月 25 日从 1961 年 9 月 1 日恢复试验至 1962 年 12 月 25 日的前苏联的最后一次空中试验 |
| 第三阶段 | 1961 年 9 月 15 日—1963 年 6 月 25 日美国因军事政治形势激化而退出暂停核试验,肯尼迪宣布恢复地下核试验,并实施“奶油杏仁糖-1”计划开始至部分禁止条约(莫斯科条约)生效时止 | 1964 年 3 月 15 日—1975 年 12 月 25 日从前苏联在部分禁试条约生效条件下实施地下核试验计划开始,至 1974 年限当量禁试条约生效后,停止进行超过阈值 150kt 的核爆炸止 |
| 第四阶段 | 1963 年 8 月 12 日—1976 年 8 月 26 日从部分禁试条约生效开始,到限当量禁试条约开始生效时结束 | 1976 年 1 月 15 日—1975 年 7 月 25 日从前苏联在限当量禁试条约生效条件下实施小当量核试验计划开始至前苏联单方面宣布停止核试验结束 |
| 第五阶段 | 1976 年 10 月 6 日—1992 年 9 月从限当量禁试条约生效开始 | 1987 年 2 月 26 日—1990 年 10 月 24 日在这期间从 1989 年 10 月 19 日至 1990 年 10 月 24 日曾暂停试验,前苏联关于 1990 年 10 月 24 日在新地岛进行最后一次(共 8 个装置)核试验 |

美国、前苏联各试验阶段的总次数(N_0)和总威力(E_0)

从试验方式上,可将美国的一、二、三阶段合并为一个阶段。在这个阶段中,尽管美国在1961年和1963年试验的全部是地下试验,但在1962年曾进行了多次空中和高空试验,因此,将这阶段称为大气层核试验时期,第四、五阶段合并为地下核试验时期。

可将苏联的第一、二阶段合并成一个阶段,称为大气层核试验时期;第三、四、五阶段合并为前苏联地下核试验时期。

表5.2给出了美国和前苏联在各个阶段中的核试验总次数和试验总威力。

表 5.2 美国、前苏联各试验阶段的总次数(N_0)和总威力(E_0)

| 阶 段 | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 总计 |
|-----|-------------|-----|-------|-------|-------|-----|-------|
| 美国 | N_0 /次 | 8 | 188 | 137 | 469 | 254 | 1 056 |
| | $E_0/10^6t$ | 0.2 | 116.9 | 37.55 | 32.15 | 6.2 | 193 |
| 前苏联 | N_0 /次 | 83 | 138 | 214 | 233 | 47 | 715 |
| | $E_0/10^6t$ | 27 | 220.2 | 27.3 | 8.4 | 2.5 | 285.4 |

美国核试验总威力 $193 \times 10^6 t$ 中,其中“大气层核试验”期间的总威力为 $154.65 \times 10^6 t$,“地下核试验”期间为 $38.35 \times 10^6 t$ 。

前苏联“大气层核试验”阶段的总威力 $247.2 \times 10^6 t$,“地下核试验”威力为 $38.2 \times 10^6 t$ 。

从表5.2中可以看出,美国的核试验总次数是前苏联的1.48倍,但核试验的总威力正好颠倒过来,前苏联是美国的1.48倍。

各国核试验次数按试验场地分布。

表 5.3 各国核试验次数按试验场地分布

| 美国 | 总计： 1 032 | 前苏联 | 总计： 715 | 英国 | 总计： 45 | 法国 | 总计： 210 | 中国 | 总计： 47 |
|------------|--------------|-----------------|------------|--------------|-----------|-------|------------|-----|-----------|
| 内华达 试验场 | 904 | 塞米巴拉金 斯克斯试验场 | 456 | 澳大利亚 | 12 | 阿尔及尔 | 17 | 罗布泊 | 47 |
| 美国其 余地区 | 17 | 新地岛试验场 | 130 | 波利尼西亚 | 9 | 波利尼西亚 | 193 | | |
| 波利尼 西亚 | 79 | 苏联其 余地区 | 129 | 美国内华 达试验场 | 24 | | | | |
| 比基尼 | 23 | | | | | | | | |
| 太平洋 | 4 | | | | | | | | |
| 大西洋 | 3 | | | | | | | | |
| 日本 | 2 | | | | | | | | |

* 核武器用于战争的地方

美国、前苏联各试验阶段的总次数(N_0)和总威力(E_0)

表 5.4 五个有核国家核试验次数按年份的分布

| 年份 | 次数 | 年份 | 次数 | 年份 | 次数 | 年份 | 次数 | 年份 | 次数 |
|------|--------|------|---------|------|--------|------|--------|------|--------|
| 1945 | 3(0) | 1956 | 33(9) | 1967 | 64(17) | 1977 | 54(24) | 1987 | 47(23) |
| 1946 | 2(0) | 1957 | 55(16) | 1968 | 79(17) | 1978 | 66(31) | 1988 | 46(16) |
| 1947 | 0(0) | 1958 | 116(34) | 1969 | 67(19) | 1979 | 59(31) | 1989 | 28(7) |
| 1948 | 3(0) | 1959 | 0(0) | 1970 | 64(19) | 1980 | 54(24) | 1990 | 18(1) |
| 1949 | 1(1) | 1960 | 3(0) | 1971 | 53(23) | 1981 | 50(21) | 1991 | 14(0) |
| 1950 | 0(0) | 1961 | 71(59) | 1972 | 57(24) | 1982 | 49(19) | 1992 | 8(0) |
| 1951 | 18(2) | 1962 | 178(79) | 1973 | 48(17) | 1983 | 55(25) | 1993 | 2(0) |
| 1952 | 11(0) | 1963 | 50(0) | 1974 | 54(21) | 1984 | 57(27) | 1994 | 2(0) |
| 1953 | 18(5) | 1964 | 60(9) | 1975 | 44(19) | 1985 | 36(10) | 1995 | 7(0) |
| 1954 | 16(10) | 1965 | 58(14) | 1976 | 51(21) | 1986 | 23(10) | 1996 | 3(0) |
| 1955 | 24(6) | 1966 | 76(18) | — | — | — | — | — | — |

注：括号内是单独给出的前苏联试验次数。

美国和前苏联拥有的核武器数量惊人。

在大气层核试验期间,美国进行的试验次数是前苏联的 1.5 倍,但前苏联的核试验总威力是美国的 1.6 倍。

地下核试验期间,美国试验次数是前苏联的 1.46 倍,但两国核试验的总威力几乎相等。

表 5.3 给出了美国、前苏联、英国、法国和我国的核试验场的试验次数。

从 1945 年 7 月 16 日美国第一次核试验至我国 1996 年 7 月 29 日最后一次核试验,美国、前苏联、英国、法国和我国在这期间共进行了 2049 次核试验,核试验次数按年份的分布如表 5.4 所示。

5.2 美国和前苏联两个核大国有多少核武器

美国和前苏联为了发展自己的核力量,不惜花费大量的人力、物力,和不顾世界人民对大气层核爆炸引起的环境放射性污染的抗议,在不到二十年的时间内共在大气、高层大气和水上(下)分别进行了 217 次和 219 次试验。通过这些试验,核试验技术不断提高,核武器数量也大大增加。例如,美国到 1962 年,也就是结束大气层核试验的这一年,已拥有了 12 000~20 000 枚氢弹头,并且还有 5 000~9 000 枚正在生产的共计六种类型的各种核弹头。美苏两国在 1963 年后,又通过地下核试验大力开展核弹头运载系统的研制工作,并不断完善其与核弹头的配套设备,从而使它们成为世界上拥有强大战略核武器的国家。

疯狂的核竞赛使两个超级大国核武器数量不断增加。

战略核武器是指攻击敌方战略目标或保卫己方战略要地的核武器系统。它一般由威力较高的核弹头和射程较远的投射工具组成。美、苏两国的“三位一体”的战略核力量是指陆基洲际弹道核导弹、潜地弹道核导弹以及携带核弹头的战略轰炸机三者所组成的核力量的整体。

美、苏两国“三位一体”战略核力量,随着大规模的军备竞赛而不断增强,表 5.5 给出了两国 1963 年至 1972 年核武库中战略武器储存量增长情况。

表 5.5 美苏核武库战略武器储存量增长情况表

(单位:枚)

| 年份 | 美国 | | | 前苏联 | | |
|------|-------|------|-----|-------|------|-----|
| | 洲际导弹 | 潜射导弹 | 轰炸机 | 洲际导弹 | 潜射导弹 | 轰炸机 |
| 1963 | 424 | 224 | 630 | 100 | 100 | 190 |
| 1964 | 835 | 416 | 630 | 200 | 120 | 190 |
| 1965 | 854 | 496 | 630 | 270 | 125 | 190 |
| 1966 | 1 054 | 592 | 630 | 300 | 130 | 200 |
| 1967 | 1 054 | 656 | 600 | 460 | 130 | 210 |
| 1968 | 1 054 | 656 | 545 | 800 | 130 | 150 |
| 1969 | 1 054 | 656 | 560 | 1 050 | 160 | 150 |
| 1970 | 1 054 | 656 | 560 | 1 300 | 280 | 150 |
| 1971 | 1 054 | 656 | 505 | 1 510 | 440 | 140 |
| 1972 | 1 054 | 656 | 455 | 1 527 | 560 | 140 |

独联体成员国继承了前苏联的核武器,其数量也相当可观。

美、苏两国虽然在 70 年代后采取了一些克制态度,对战略核武器生产、储存等作了限制,但截至 1994 年两国的核力量仍然相当可观。见表 5.6 和表 5.7 和表 5.8。

表 5.6 独联体的战略核力量

| 运输工具 | 俄罗斯战略武器 弹头数/枚 | 独联体战略武器 弹头数/枚 |
|--------|------------------|------------------|
| 洲际弹道导弹 | 765 | 1 064 |
| 潜射弹道导弹 | 520 | 520 |
| 轰炸机 | 69 | 109 |
| 小计 | 1 354 | 1 696 |

表 5.7 独联体成员国拥有的战略核弹头数(枚)

| | 洲际弹道 导弹携带 | 潜射弹道 导弹携带 | 轰炸机 携带 | 小计 | 占百分比 /% |
|-------|--------------|--------------|-----------|-------|------------|
| 俄罗斯 | 3 811 | 2 384 | 810 | 7 005 | 72.5 |
| 乌克兰 | 1 120 | 0 | 564 | 1 684 | 17.5 |
| 哈萨克斯坦 | 920 | 0 | 0 | 920 | 9.5 |
| 白俄罗斯 | 54 | 0 | 0 | 54 | 0.5 |
| 总计 | 5 905 | 2 384 | 1374 | 9 663 | 100 |

美国的战略核武器列表。

表 5.8 美国 1995 年战略核力量

| 类别 | | 中队(艘)数 | 枚(架)数 | 弹头数 /个 | 投掷重量/t |
|----------------------|------------------|--------|---------|-----------|---------|
| 洲际 导弹 部署 | 民兵 3 (MK-12) | 4 个 | 200 枚 | 600 | 181.4 |
| | 民兵 3 (MK-12A) | 7 个 | 330 枚 | 990 | 3 152 |
| | MX | 1 个 | 50 枚 | 500 | 179 |
| | 分计 | 12 个 | 580 枚 | 2 090 | 675.5 |
| 潜射 战略 导弹 部署 | 三叉戟 I 型 (C4) | 8 艘 | 192 枚 | 1 536 | 288 |
| | 三叉戟 II 型 (D5) | 8 艘 | 192 | 1 536 | 358.2 |
| | 分计 | 16 艘 | 384 | 3 072 | 646.2 |
| 战略 轰炸 机 部署 | B-2(实用) | | 94 架 | | |
| | B-52(编制) | 3 个 | 66 架 | 960 | 1 180 |
| | B-1(编制) | 4 个 | 60 架 | 1 440 | 3 660 |
| | B-1(实用) | | 95 架 | | |
| | B-2(实用) | | 7 | | |
| | B-2(编制) | 1 | 10 | 64 | 162.7 |
| | 分计(编制) | 8 个 | 136 架 | 2 464 | 5 002.7 |
| 合计 | | | 1 100 件 | 7 626 | 6 324.7 |

5.3 何谓核禁试

核禁试,简而言之就是禁止核试验,禁止一切对人类生存环境造成危害的核反应试验。核禁试表面上看来似乎是纯粹的技术问题,但实际上,它是全世界人民共同呼喊的政

1949年苏联原子弹爆炸的成功，打破了美国的核垄断，从此两国展开了针锋相对的核竞赛，并在此后的几年内试验次数逐年增加。

治口号。这口号反映了世界人民争取良好的生存环境，反对强权政治，争取持久和平的愿望。

核武器出现后，特别是第二次世界大战后期，美国对日本的原子弹袭击造成重大伤亡和破坏，引起了世人的恐惧。1949年苏联原子弹爆炸的成功，打破了美国的核垄断，从此两国展开了针锋相对的核竞赛，并在此后的几年内试验次数逐年增加。到了1958年底，美国已进行了300次核试验，仅1958年就试验了116次，占总数的39%左右。在这期间，美国实施了一系列目的在于改进武器性能的“行动”计划。苏联到1958年底也已进行了83次试验，仅1958年就进行了34次，占总数的41%左右。苏联在此期间的83次试验中，为改进武器性能而试验的达71次，占总数的80%左右，用于效应的仅为5次。美、苏两国通过在这期间大量的试验，无论在武器储存的数量上，还是武器的性能方面都已达到了一定的水平，这为1958年10月美、英、苏三国同意停止核试验创造了一定的条件。

1958年美、苏、英停止核试验

实际上，核禁试是从军备控制问题中提出来的，它始于20世纪50年代中期。1954年2月美国在太平洋比基尼岛的试验意外地污染了日本渔船上的渔民，马绍尔群岛的200多名军民也受到了严重影响。被污染的鱼出现在日本市场上，令人震惊和愤慨。不久后，日本上空又发现了前苏联核试验飘来的放射性碎片。这样，核试验的放射性沉降已受到

随着对放射性沉降长期危害的深入了解,促使全面禁止核试验(CTB)的呼声越来越高。

广泛的关注,特别是美、苏连着进行的氢弹试验,更加重了人们对未来大威力爆炸造成危害的担心。加之随着对放射性沉降长期危害的深入了解,促使全面禁止核试验(CTB)的呼声越来越高。但因种种原因,直到50年代中期仍未取得进展。然而,这个得到广大公众支持的要求,还是取得了一定的成效。苏联在1958年就把核试验作为军备控制计划的中心问题,并且在完成一系列数目较大的试验,又在1958年突击完成34次试验后,宣布如果其他几个核国家暂停核试验的话,苏联也将暂停核试验。当时美国也通过一系列试验,在减少放射性沉降和热核武器试验方面已取得了很大进展。当时美国总统艾森豪威尔就指出“尽管新的热核武器威力巨大,但在许多方面,却不如当前强迫美国在核试验方面遵循一定的政策的世界舆论那么威力巨大。”一方面迫于当时世界舆论压力,另一方面也企图限制非核国家发展核武器,美国提议三个核大国(美国、苏联、英国)应该开始正式的核禁试会谈。英国支持这一建议。这样,苏联、美国、英国于1958年11月起停止了核试验。

实际上,在世界舆论的影响下,国际社会从1955年开始,便作出了试图禁止核试验的努力。当年苏联在给联合国裁军委员会建议书中,便提出停止核试验,美国也有此意向,但在核试验最关键的核查遵守条约问题上,美、苏发生了意见分歧。美国提出进行视察和控制以确保条约的执行,而苏联则不同意任何侵入性的检查,认为任何核试验都可以被别国记录到,显然这只是从大气层核试验方面考虑。直到1957年9月19日美国进行了首次深埋封闭式地下核试验,才给

如何保证每个国家都遵守这个条约,采取何种措施来监督条约的实施,一直是困扰核禁试条约签订的最大障碍。

核查问题增添了新的内容。核查中的视察和控制问题突出起来了,认为要检查核禁试,有必要制定一个包括仪器、人员控制和监测台站以及现场视察的核查方案。为此,美国于1958年成立了一个由 Hans Bethe 领导的小组,开始进行了一次有关核禁试核查的技术要求的国际性调研,并于1958年7月1日在日内瓦召开了“核查违反停止核试验协定的可能措施的专家会议”。可见,从技术上讲,签订一项核禁试条约似乎较易被有核国家接受,但如何保证每个国家都遵守这个条约,采取何种措施来监督条约的实施,即核查问题,一直是困扰核禁试条约签订的最大障碍。从裁军的意义上来说,政治上也未到火候。

1963年莫斯科条约(PTBT)的签订

尽管在1958年11月美、苏、英三国达成了停止核试验,但风云突变,1960年2月13日法国进行了首次核试验,打破了此期间短期停止核试验的平静局面,加上美国U-2“间谍飞机”侵入苏联领空并被击落,苏联、美国先后于1961年9月1日和9月15日恢复了核试验,从此又掀起了两国核军备竞赛的高潮。

事实上,1958年美、苏、英三国宣布停止核试验后,他们都没有睡大觉,没有放弃占领核大国地位的努力。他们都清楚,在核武器的发展方面仍有许多工作要做,1958年底的停试,只是找个喘息的机会,同时也可以阻止法国和其他国家发展核武器,继续实现美、苏对核武器的垄断。

美苏在停试后依然进行核武器的研究。

在停试期间,苏联并没有削弱自己的核试验力量,一旦政治上作出决策,他们能够立即恢复试验。当时苏联赫鲁晓夫总理竭力鼓动苏联的核武器研制者研究发展威力非常大的武器,他们清楚,大威力的核武器不经过大气层核试验,这些武器是没有作战使用价值的。苏联恢复核试验势在必行,美国情报部门也获得了这方面的信息。

同样,美国在此期间也没有沉默,仍在发展和储存未经全当量试验的新弹头。许多设计是根据不完全的计算机模拟,少数武器在达到全设计威力方面还存在缺陷,何况美国在此期间的核武器工程的主要努力目标,是想不经过试验就有把握地部署核装置。因此,需要核试验来验证的一些大胆的新原理。再者,在给定威力下如何减少核装置重量的改进目标,也需要通过核试验来完成。

美国、苏联由于如上分析的目的恢复了核试验,且加快了试验的步伐。美国从恢复核试验至1963年8月5日缔结停止非地下核试验的“莫斯科条约”的近两年内,共进行了114次试验,其中1962年达到了高峰共92次。苏联在此期间也进行了138次试验,其中1962年为79次。美、苏两国短时间通过这些大量试验,各自在原来的基础上,将核武器的性能又大大地提高了一步。并且通过一系列地下试验,已经探索出由地下试验代替大气层试验的方法,掌握了地下核试验的技术。因此,美国1962年11月进行了最后一次大气层试验,苏联也于该年12月结束了大气层试验。这是1963年部分核禁试条约能顺利签订的前提。

1963年4月,美、英(英国早已在1958年9月结束了大

停止大气层核试验符合世界人民的心愿。

气层核试验)联合向苏联建议在莫斯科召开关于禁核试的三国会议。苏联此时也正在考虑签订一个不包括限制地下核试验的条约,美、英的建议正中下怀,因此,苏联同意召开会议,要求达成禁止在大气层、水下和外层空间进行核试验的协议。此次会议仅花了十天的谈判时间,便签订了停止非地下核试验的莫斯科条约(PTBT 条约)。

1968 年禁止核武器扩散条约(NPT)的签订

PTBT 条约签订是比较顺利的,其原因这是由于大气层中的核试验爆炸当量越来越大,造成大气层的放射性污染越来越严重,人类生存环境受到严重危害,引起了世人的关注。要求制止大气层、水下和空间的核试验的呼声日益高涨,因此,停止大气层核试验符合世界人民的心愿。

PTBT 的签订,使得美、苏、英三国不可能进行大当量的试验,有利于控制大气层的放射性污染,降低核产物对人类健康的危害,因此,对环境保护是有利的。但这些限制并不能阻止三国满足各自的军事要求,因为他们可以进行地下试验,并且可以对这些试验的有关资料进行保密。而在国际政治方面,这一条约也无疑有利于防止核武器的扩散,并终于促使了 1968 年“禁止核武器扩散条约”(NPT)的签订。NPT 条约签订后,30 多年来缔约国没有实质性违约和倒退。我国和法国虽不是缔约国,但也相继于 1980 年和 1974 年停止了此条约规定的范围内的核试验,说明了禁止在大气层、水下和外层空间核试验已成为所有国家遵循的准则。

限当量核禁试条约的签订并没有多大实际意义。

1991年1月曾召开过有关 PTBT 修订会议,试图利用 PTBT 中的有关条款将部分核禁试变成全面核禁试。由不结盟国家的一个小组提出修正案,修正案中包括了一个条款和两个协议。协议中规定除了缔约国各方在履行部分核禁试各种义务外,还必须禁止和阻止在任何环境下任何形式的核爆或核试验爆炸,协议中还涉及到全面核禁试的如何贯彻问题,包括监控技术,地震和大气数据的获取、分析的国际合作,现场核查以及处理分歧的各项程序问题等。然而,由于美、英两国的反对,会议没有取得成功。

1974年限当量核禁试条约(TTBT)的签订

1968年 NPT 条约的签订,对限制核试验起了一定的作用,特别是到了1974年春,制止核试验运动又推进了一步。美国在不能达成限制战略武器协定的情况下,和前苏联签订了“限当量禁核试条约”(TTBT)。条约规定缔约双方在他们管辖或控制的任何地方进行的地下核试验,其爆炸威力上限为 $15 \times 10^4 \text{t}$ 。所谓“试验”是指一次核爆炸,或核爆炸的时间间隔在十分之一秒内,地域范围不超过两 km 的两次或多次爆炸。多于一次核爆的试验当量是各单个核爆当量之和。“TTBT”在一定程度上进一步限制了美国和前苏联研制更大当量的核弹头,尽管英国不是缔约国,也承诺遵守该条约的各项条款。TTBT 使缔约国难于对它现存的大量热核武器进行储存抽样试验和全当量试验,禁止超过 $15 \times 10^4 \text{t}$ 的试验,无疑对保护环境有积极影响,它不仅减少了地质扰动

为了区分用于和平目的和军事目的的核爆炸,美国和前苏联于 1976 年签订了“和平利用核爆炸条约”。

的危险,更重要的是减少了放射性物质泄漏的危害。至于条约要求各方交换核爆的地点和当量的具体信息,更被认为是走向更加公开化的一个步骤。尽管如此,TTBT 并没有给禁止核武器竞赛作出积极的贡献,因为 $15 \times 10^4 \text{t}$ 的限值实在太大了,并没有给缔约各方在继续实现他们的核武器计划方面带来太多的麻烦。

1976 年和平利用核爆炸 条约(PNET)的签订

美国和前苏联分别于 1961 年和 1965 年开始进行和平利用核爆炸(PNE)的研究。美国虽然于 1973 年结束了最后一次和平利用核爆炸,但前苏联却制定了一个积极的 PNE 计划,用于开挖工程和提高石油产量和刺激天然气生产。“限当量核禁试条约”中的条款,无法区分这种用于和平目的与发展新的核武器的军事目的的爆炸,为此,美国和前苏联于 1976 年签订了“和平利用核爆炸条约”(PNET)。此条款中限定了与 TTBT 中有关试验的当量,即上限为 $15 \times 10^4 \text{t}$ 。其他条款类似于 TTBT,但规定和平利用的核试验,不得在国家试验场进行,且对其的核查规定比核武器试验要严格得多。PNET 允许进行现场核查,验证爆炸是否与武器研制有关,验证方还可以在国内建立一个区域地震网站,以测定爆炸当量。

直到二十世纪九十年代,持续了几十年的“核禁试”谈判才出现了转机。

1996 年全面禁止核试验 条约(CTBT)的签订

虽然“限当量核禁试条约”和“和平利用核爆炸条约”签订后并没有立即生效,但美国和苏联都宣布了他们完全遵守当量上限的规定。这两个条约经过 10 多年后,才于 1990 年 12 月由美国和苏联批准生效。不管如何,这两个条约是国际和国内迫使美、苏双方分阶段向全面核禁试(CTBT)迈进了一步。

各种使命的限制核试验条约虽然并没有减缓核武器竞赛,但由于考虑到世界人民的呼声和公众的利益,开始于 50 年代的有关“全面核禁试”的谈判却一直在继续着,争论的焦点是如何监督遵守条约的核查问题,谈判总是在“打打停停”中进行。各国均在自己国家利益的支配下,参加这个“马拉松”式的会议,直到 1992 年情况才发生急剧变化。美国在这之前的限制核爆条约下,所进行的改进现有核武器的安全性试验取得一定成效情况下,也效法俄罗斯和法国,宣布暂停 9 个月的核试验,并决定于 1996 年 9 月 30 日停止核试验计划。在这期后的 1993 年美国新政府决定采用非核爆方式来确保其武器库的安全性和可靠性。接着法国、俄罗斯和英国相继效法,从而在这几十年断断续续谈判无多大成果的努力后,终于打开了通向“全面核禁试”多边谈判的道路。1994 年的裁军会议上,成立了一个特殊委员会,负责进行“全面核禁试”的谈判工作。

1996年9月10日第五十届联合国大会通过了“全面禁止核试验条约”，共有一百多个国家在条约上签字。

然而谈判工作极其困难，主要是对条约承担的义务和范围、条约的生效和期限以及核查方面的问题，难于达成一致的意见。在“全面核禁试”是否包含释放核能很小的氢核试验，能否进行核武器安全可靠性的“可靠性”试验，为工业和民用的和平利用核爆炸可否进行等，都是关心的焦点。

经过长时期的艰难磋商和反复讨论，1996年9月10日第五十届联合国大会以158票赞成、3票反对和5票弃权通过“全面禁止核试验条约”(CTBT)，并于1996年9月24日召开了CTBT签字会议，共有一百多个国家在条约上签了字，包括五个核大国(中国、美国、俄罗斯、英国、法国)在内。以色列和伊朗都签了字，但印度和巴基斯坦没有签字。这样，从1945年7月16日美国的首次核爆炸至1996年9月24日CTBT的签字，期间经历了半个世纪，全世界共进行了2049次核试验，现在终于有了共同的认识。每一个缔约国都承诺不进行任何核武器爆炸或任何其他核爆炸，承诺在其管辖或控制下的任何地方禁止和防止任何核爆炸，并且每一缔约国还承诺不导致、鼓励或以任何方式参与进行任何核武器试验爆炸或任何其他核爆炸，这是各国人民长期斗争的结果。

全面核禁试条约签订后，在如何敦促缔约国履行条约，保证条约全面、正确的实施中，一个贯穿于几十年有关全面禁核试谈判中的关键问题——核查，是当前应着重解决的重要内容。经过条约组织筹委会和签约国的工作，现确定CTBT核查的基本手段有两个：一个是国际监测系统(IMS)，一个是现场视察组织(OSI)。国际监测系统由国际地震监测

经过签约国和条约组织等委会的不断努力,确定了 CT-BT 的核查手段。

系统、国际放射性核素监测系统、国际次声监测系统、国际水声监测系统和国际数据中心所组成。国际监测系统应常年进行不断的监督测量,它与国际数据中心间的数据交换是通过全球通讯系统(GCI)来实现。现场视察是核查的最后手段,当 IMS 测到可疑事件后,需采用此手段来澄清可疑的问题。

国际地震监测系统目前由 50 个基本地震台站和 120 个辅助的台站组成。这些台站应符合监测和地震数据国际交换作业手册中规定的技术和操作要求,基本台站的数据应直接通过国际数据中心不间断地联机传输给国际数据中心。辅助台站在国际数据中心索要时应直接或通过国家数据中心随时提供数据。

国家放射性核素监测系统目前由用于测量大气层放射性核素的 80 个放射性核素监测台站组成。所有台站均能够监测大气中是否存在相关的核事件微粒物质,其中 40 个台站在条约生效后应能够监测是否存在相关的放射性惰性气体。目前放射性惰性气体台站的站址选择正在讨论中。

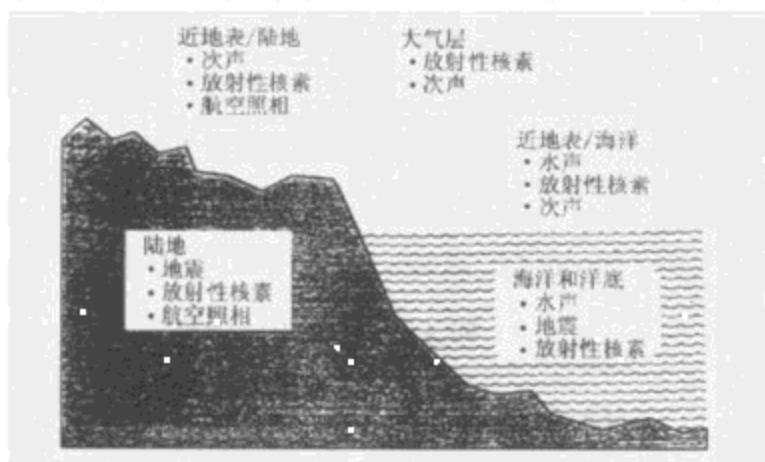
水声监测系统中的每一个缔约国应承诺为协助核查禁试条约的遵守而合作开展水声数据的国际交换。合作的范围应包括建立和操作全球水声监测台站网络。整个网络包括 6 个水听器监测台站和 5 个三分相台站。这些台站应符合水声监测和水声数据国际交换作业手册中规定的技术和操作要求,并按照议定程序向国际数据中心提供数据。

次声监测系统由 60 个次声监测台站组成。这些台站应符合次声监测和次声数据国际交换作业手册中规定的技术

各种环境下核爆炸的监测手段。

和操作要求,并按照议定程序向国际数据中心提供数据。

国际数据中心应接受、汇集、处理、分析和报告来自国际监测设施的数据并将其存档,其中包括经核证的放射性核素实验室的分析结果。国际数据中心以标准报告形式为缔约国提供各项标准服务。在任何缔约国提出请求的情况下,国际数据中心应定期提供对其标准产品适用该缔约国的国家事件筛选判据,并向该缔约国提供此种分析的结果。



陆地爆炸:对地下爆炸的监测主要利用地震台站网。在某些特殊情况下可以记录到陆地传输到海洋中的能量的水声系统来发现和鉴别地下核试验。

大气层爆炸:鉴别大气层爆炸的主要技术是全球放射性核素监测网,也可以考虑用全球次声台站网来更及时地监测发生的事件和改进发生地点的准确性。

水下爆炸:全球水声系统可用来监测水下爆炸事件及其发生地点。地震台站网同样可以监测水下爆炸和确定其位置。由于浅地表面和浅海洋表面的爆炸,能分别产生与地表面爆炸和水表面爆炸时的讯号,因此,有关地面爆炸和水面爆炸的监测技术也可以用来监测浅地表面和浅海洋表面爆炸的事件。

图 5.1 各种环境下核爆炸的监测手段

在全世界有一百多个国家签署了全面禁止核试验条约的背景下,印度和巴基斯坦依然进行了核试验。

组成上述各种系统和现场视察的目的,是为了监测全球在任何环境中的核爆炸事件,并确定其爆炸地点。不同的爆炸环境,所用的技术是不一样的,如图 5.1 所示,图中标示了五种环境中所使用的监测技术。

印度、巴基斯坦逃避核查的核试验

在全世界有一百多个国家签署了全面禁止核试验条约的大势所趋的背景下,印度竟然冒天下之大不韪,于 1998 年 5 月 11 日和 13 日进行了五次核试验。印度官方宣布的核试验如表 5.9 所示。巴基斯坦为了与之抗衡,也宣布在 5 月 28 日和 30 日进行了六次核试验,也列在同一表中。

表 5.9 印度、巴基斯坦核试验

| 国别 | 试验装置 | 试验日期 | 官方宣布的威力 / 1×10^3 t |
|------|--------|-------------|--------------------------------|
| 印度 | 热核装置 | 1998. 5. 11 | 45 |
| | 裂变装置 | 同上 | 15 |
| | 低当量装置 | 同上 | 0.2 |
| | 同上 | 1998. 5. 13 | 0.5 |
| | 同上 | 同上 | 0.3 |
| 巴基斯坦 | 裂变装置 | 1998. 5. 28 | 12 |
| | 加强裂变装置 | 同上 | 25 |
| | 低当量装置 | 同上 | 亚千吨 |
| | 同上 | 同上 | 同上 |
| | 同上 | 同上 | 同上 |
| | 裂变装置 | 1998. 5. 30 | 12 |
| | 裂变装置 | 未爆炸 | |

全面核禁试条约之所以得到五个核大国签署的技术保

令人惊讶的是各监测台站都未能发现任何由印、巴核试验所造成的放射性异常现象。

证条件之一,是认为核查技术已经成熟足以核查全球的核爆炸试验。特别是美国拥有技术高超的卫星核查技术。按理说,在核试验准备阶段就应该被美国多颗侦察卫星侦察到,并判断出即将进行的核试验。美国恰恰没有发现任何核试验迹象,究竟是印度的隐蔽和伪装技术高明,还是美国技术的“失职”,这只能是千古一谜了。

核试验进行后,保证实施全面禁止核试验条约的国际监测系统(IMS)监测到哪些信息,从这些信息对印、巴核武器的发展能做出什么样的评估呢?应该说这是对IMS的一次极为现实的考核。

一般认为,国际数据地震台站网记录的地震波波形是核查地下核爆炸最有意义的信息。而且这些波形可以通过国际数据中心获取,可惜的是与印度官方宣布的5次核试验不同,只记录到1998年5月11日的能够明确识别为核爆炸的地震波波形,而5月13日的低当量爆炸没有任何可以识别为核爆炸的记录。本来从地震波信息可以估算出地下核爆炸的威力,但是从已获得的信息难以证实印度官方宣布核爆炸当量的可信度。

对巴基斯坦的核试验的地震核查也有类似情况,5月28日和30日仅记录到一次可识别为核爆炸的地震波形,由此信息估算出当量也与巴官方宣布的不一致。

核查的另一种手段是由80个放射性核素监测台站,监测由于核爆炸带来的放射性核素异常。同样令人惊讶的是各监测台站都未能发现任何由印、巴核试验所造成的放射性异常现象。这究竟是目前放射性监测能力未达到“全面核禁

真正做到全面禁止核试验还有许多路要走。

试”的要求呢？还是印、巴地下核试验封闭技术良好以致放射性泄漏很小，不足以使其周围监测台站收集到放射性异常核素？

通过国际监测系统对印、巴地下核试验核查的实践，人们不能不思考“全面核禁试”条约的有效性，因为它表明反卫星核查是可能取得成功的；多次爆炸在一次试验中（微差爆炸）完成是可以模糊识别；更重要的一点是威力为千吨的地下核爆炸完全可能避免国际地震监测系统的监测，这些问题表明全面禁止核试验的监测技术还有待发展。

看来真正做到全面禁止核试验还有许多路要走，从核禁试到消灭核武器就更加任重而道远了。

5.4 人类能发明核武器也能消灭核武器

世界上一切新技术的出现，往往首先用在军事上，这似乎是科学技术发展史上的常见现象。核武器的研制成功也说明了这点。当科学家们发现核裂变可以释放出巨大能量后，就已经预示到它可以用来制造爆炸力很大的新式武器。第二次世界大战的爆发，为加速实现这一目的提供了良机，核武器终于在第二次世界大战结束前的数月出现在世界上，并在日本即将投降的时候，美国将它用在战争中，给核武器在战争中的作用笼罩了神秘的色彩。

日本广岛、长崎遭核武器袭击后造成的大量人员伤亡，城市建筑、设施遭到巨大破坏的现实，说明了核武器具有巨大的杀伤破坏力。正因为如此，世界各国，特别是第二次世

在核威慑战略思想的指导下,战后各大国都在大力发展核武器。

世界大战的战胜国,都把发展核武器作为战后国防建设中具有战略意义的中心任务。尽管决策者熟知核战争会带来巨大危害,使用核武器会冒很大的风险,交战中使用核武器的可能性较小,但他们仍然相信核武器的威慑力量,认为核武器出现后,核威慑是核时代的必然产物,核武器将对未来战争产生重大影响。美国在核威慑战略思想的指导下,战后及时地大力发展核武器,企图维持它在战时的核垄断地位,实现它对其他国家的核威慑甚至是核讹诈的政策。前苏联在它还没有掌握核武器时,曾对美国以核武器为盾牌实现其称霸全球目的而实施的核威慑战略进行过批评和斗争,但是,自1949年掌握核武器技术后,便以另一个面孔出现在军事舞台上,也迫不及待地实施核威慑战略,力图与美国争夺世界核霸权。50年代起,前苏联不遗余力地发展核武器,使它的核武库在不太长的时间内,就达到了与美国形成均衡的态势。

在核军备竞赛中,英、法也是不甘落后的。英国玛格丽特·撒切尔夫人执政时曾认为“核武器是防止战争的最好手段,对英国这样小的国家而言,核武器是与大国对抗的唯一手段。”法国为了防御苏联、美国和周边国家的潜在威胁,同样没有放弃核威慑战略,把掌握一定的核武器作为“法国最后生存的根本保障”。

全世界就是在核军备竞赛中不断改进核武器的性能,充实各国的核武库。有资料表明,到70年代初期,美苏两国的核武器总当量高达 1.3×10^{10} t TNT当量,相当于投在日本广岛的原子弹的65万倍。然而,就像世界上一切事物有它

日本广岛、长崎遭核袭击后十几万人死于非命，每个城市十多万平方公里面积被毁的现实，使人们认识到核武器会给人民带来巨大灾难。

的发展，必然也有它的消亡一样，核武器终究会在世人面前消失。

令世人忧心忡忡的放射性沾染

日本广岛、长崎遭核袭击后十几万人死于非命，每个城市十多万平方公里面积被毁的现实，使人们认识到核武器会给人民带来极巨大灾难。它不仅在短时期内对人员造成伤害，而且由于核辐射可伤及人体细胞内的细胞核，因此能诱发各种恶性肿瘤。同时，核辐射也有可能损伤遗传因子。这样表面看来仅是一瞬间的伤害作用，实际上有可能造成数十年以及世代相继的后遗隐患。对这种隐患的忧虑随着人们对放射性的深入认识而增加。“全面禁核试条约”的签订，反映了世人反对核军备竞赛，消灭核武器的愿望。它对新型武器的设计试验，用于库存的全当量或接近全当量的爆炸试验，以及研制能产生特殊效应的诸如增强辐射弹或电磁脉冲弹等第三代的核武器试验来说，起到了一定抑制作用。某种程度上也表明了核大国迫于世人消灭核武器的强大压力，放松了现存核武器的现代化和研制新的核武器的打算，因此，条约是最终消灭核武器进程中迈出的重要一步。

由核爆炸产生的放射性造成对世人的危机感，另一个重要方面是 80 年代初期提出的所谓“核冬天”理论。有人又称是核爆炸的光辐射、核辐射、冲击波、电磁脉冲和放射性沾染后的第六个效应。在这个理论的影响下，增添了“世界末日”的色彩，使人们对核战争危险性的认识又到了一个新的高

核武器毁灭对方的同时，也将毁灭自己，核战争中没有胜利者。

度。按照“核冬天”理论，如果在一场核大战中有 25 000 枚核弹头(约 0.5×10^{10} t TNT 当量)爆炸，产生的放射性尘埃与烟云飘浮在大气中，形成一个覆盖全球大部分地区的云层，使太阳光难于通过该云层达到地表面，但挡不住地表面向宇宙空间的热辐射，从而地表面散热多而吸热少，其结果是近地表面的大气温度急剧下降到零下 20 多度，且低于零度的时间可维持数日之久，其结果是全球的气候反常，生态环境遭到严重破坏，动植物甚至人类会因寒冷和饥饿而大批死亡，世界文明将遭到毁灭。虽然不同学派对“核冬天”理论有不同的看法，但它仍然引起许多关心人类命运的科学家们以及一些国家政府的关注。美国政府拨专款为研究这一问题制定了一项国家计划，前苏联科学院同样也拟定了研究计划，被纳入国际学术活动计划中。由于此理论涉及到许多因素，物理模型复杂，目前仍未得到最终的判断。但是，对全球性核战争后会对全球气候产生严重的影响是有共同认识的。“核冬天”理论在影响核战争狂人，不敢轻易发动核战争方面将起积极作用。核武器毁灭对方的同时，也将毁灭自己，核战争中没有胜利者，将为人类最终消灭核武器喊出了最强音。

核武器可能消灭核武器

核武器出现后，特别是在日本广岛、长崎实施爆炸造成惨重伤亡破坏后，其身价骤然上升。政治家们认为核武器可以作为国防建设的重要支柱，一些军事理论家则把核武器称

第二次世界大战后至今未发生过核战争，赢得了半个多世纪的“恐怖的和平”也许是核武器威慑力量的结果。

之为“绝对武器”。“核武器制胜论”的思想，在二次世界大战后，曾长期地占主导地位。在这个思想指导下，世界各国，特别是美苏两国开展了剧烈的核军备竞赛，从而使核武器数量急剧增加，60年代后便达到了超饱和状态。

作为40年代的新式武器——核武器，有可能成为某些国家发动战争的有力武器。然而由于它具有巨大的杀伤破坏力，因此，一旦发展到各国间的核武库中的数量达到均衡态势，即达到某一高峰时，便走向它的反面，核武器成为制止战争的有力武器。正如前面所分析的，当核武库达到均衡状态时，双方都不可能用自己的核武器去毁灭对方。相反，一旦对方遭核袭击后，自己将遭到对方的报复性的核还击。这样，双方可能在被自己发动的一场战争中同归于尽。正因为如此，第二次世界后的冷战期间，尽管大规模核军备竞赛使世界处于一座核火山之上，但包括古巴导弹危机在内的几次国际政治危机中，美苏最后都在核战争的边缘上不敢再向前迈进一步。第二次世界大战后至今未发生过核战争，赢得了半个多世纪的“恐怖的和平”也许是核武器威慑力量的结果。核武器为自身的消亡挖掘了坟墓。

太空武器可能是核武器的克星

另一方面，也是人类消灭核武器的重要方面，便是随时代的发展而不断出现的高新技术武器。

核武器产生的放射性对人类的生存环境引起的严重破坏，“核冬天”理论论述的核爆炸将可能毁灭世界的悲惨情

随着核武器的发展,制服核武器的高技术武器也相应地得到飞速地发展。

景,以及核武器可能正在挖掘埋葬自己的坟墓,这些都说明人类消灭核武器似乎是可能的,但它的存在仍在威胁世界和平。在这种情况下,寻找对付核武器的方法和研制在未来战争中可以代替核武器的更新式的武器,成为各国军事战略家的重要课题。因此,当核武器成为“过街老鼠”,遭世人竭力反对后,高、精、尖武器装备便迅速地登上了军事舞台。在新一代武器装备研究和开发中以激光武器、粒子束武器、高功率微波武器为代表的太空武器,具有其特殊的性能,特别是它们拥有接近光速的传播速度,能量集中以及精确的制导系统,可能将核武器摧毁于运行过程中。

美国里根总统在 20 世纪 80 年代倡议的“星球大战”计划(SDI),就是为对来袭的弹道导弹和重返大气层的飞行器进行多层拦截的战略防御系统进行研究与发展的长期计划。这计划是美国历史上耗资最大、最复杂、最引起争议的军事系统工程研究与发展计划。这计划主要是对付核武器的,被美国称作是可以使对方进攻性核武器失效的“空间绝对盾牌”。但是,由于投资巨大,技术复杂,随着里根下台,这个 SDI 计划已经胎死腹中。最近美国总统克林顿又重提旧事,搞战区导弹防御系统,以谋求称霸全世界。

从上面分析可以看出,随着核武器的发展,制服核武器的高技术武器也相应地得到飞速地发展。这其中,以高新技术武器为代表的太空武器是核武器的克星,能有效地拦截核弹头。它克服了早期的速度低,作战反应慢的弱点。例如激光武器是以 $3 \times 10^5 \text{ km/s}$ 的速度向前传播的能量束,对如此高速传播的能量束来说,空中导弹等飞行器,基本上可看作

高技术战争将取代核战争。

是“静止目标”，射击几百公里外的目标时不要考虑射击时的提前量，且发现目标响应快，命中精度高，目标很难躲避它的袭击。高能粒子束武器的速度虽然比激光武器的速度慢一些（约为光速的一半到接近光速），但其他性能两者极相似。再者，正在研制中的高能微波武器等也可能是对付导弹核武器的有力武器。

定向能武器真正成为导弹核武器的克星，还有许多尚未解决的技术问题。然而，由于定向能武器具有聚能化、高速度、高精度等特点，因此，它一旦克服了技术上的难关，登上了军事舞台后，它便有可能把导弹核武器消灭在发射初期和飞行过程中。太空武器将取代核武器成为一种新的威慑力量。

高技术战争将取代核战争

历史经验表明，科学技术上的最新成果，往往首先应用于军事领域。60年代以来高新技术的发展，为常规武器的更新打下了坚实的技术基础。特别是信息技术、新材料、新能源和空间技术的发展，使常规武器迈向了高、精、尖的道路。“核武器制胜论”的论调由于上面分析的原因而逐渐低下，而由于高、精、尖武器的出现而形成的“高技术武器制胜论”则甚嚣尘上。在这“武器运用战略”论调转变的情况下，各国都在为研制新的常规武器而制定高技术发展规划，以加强本国的高技术武器的威慑力量。

毫无疑问，在处于核均势的情况下，在战争中使用核武

掌握大量的高技术武器形成强大的多种类型的常规力量，不仅是对核威慑力量的补充，而且一旦需要还可以用于实战。

器风险太大，而实施常规战争，引起的风险较小，世界舆论的压力也不会太大，付出的代价也较低，因此，掌握大量的高技术武器形成强大的多种类型的常规力量，不仅是对核威慑力量的补充，而且一旦需要还可以用于实战。例如，1982年5月爆发的英国和阿根廷为争夺马尔维纳斯群岛的战争中，双方都动用了包括海、陆、空战术导弹在内的各种最先进的现代武器装备。马岛战争表明现代战争已进入了“导弹时代”，导弹是未来战争的宠儿，在现代战争中，“没有导弹的防务是没有希望的”。

接着6月的以色列入侵黎巴嫩的第五次中东战争中，以色列运用它的电子优势，对黎军实施强大的电磁干扰，使黎军的导弹制导系统失灵。以军仅用几分钟时间便摧毁对方19个导弹基地，军事理论家认为以色列的胜利是“电子战”的胜利。

90年代初的海湾战争，更使人们对高技术战争有了更新的认识。在这次战争中，几乎所有的高、精、尖武器装备都登台亮相了。

当然，高技术武器有巨大威力的一面，但如同核武器一样，也有其可防的一面。高技术武器装备的最大弱点是对环境要求较高，特别是恶劣的气象条件将大大减弱它的使用效果。因此，人们只要充分地利用天气和地理环境条件，就有可能对付高技术武器的威胁。

科学技术随着人类历史不断向前发展，以科学技术为基础研制的军事装备，也是日新月异，不断改进和完善。然而，世界上任何事物都不是静止不动的，任何新东西均有很强的

中国发展核武器,是为了打破核大国的核垄断,是为了消灭核武器。

时代特征,今天是先进的,明天也许会成为落后的了。有“矛”必有“盾”,有“盾”必有“矛”,事物就是在这“矛盾”中不断更新。作为具有巨大杀伤破坏力的核武器,尽管自它登上历史舞台后,被“核武器制胜论”者称为“绝对武器”,时刻威胁着人类的安全。但是,随着人们对它的深入了解,高、新技术的不断发展,人类会有可能消灭核武器的。

我国政府宣布不首先使用核武器

我国随着1964年10月16日的一声春雷,向全世界宣布了中国拥有了核武器,从此打破了超级大国的核垄断和核讹诈。“我国进行核试验,发展核武器是被迫而为的。”“中国发展核武器不是由于中国相信核武器的万能,要使用核武器。恰恰相反,中国发展核武器,正是为了打破核大国的核垄断,要消灭核武器。”“中国政府郑重宣布,中国在任何时候,任何情况下,都不会首先使用核武器。”“中国政府一贯主张全面禁止和彻底销毁核武器。”这便是我国发展核武器的真正目的。我国的主张,得到了世界爱好和平人们的拥护和支持,并经过数十年的努力,终于于1996年9月通过了“全面禁止核试验条约”,为彻底消灭核武器迈出了艰难的一步。相信,只要世界爱好和平人们的共同努力,最终会消灭核武器的。